PSYCHOMETRISCHE UNTERSUCHUNGEN.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DES DOCTORGRADES DER PHILOSOPHISCHEN FACULTÄT

DER

UNIVERSITÄT LEIPZIG

VORGELEGT

VON

JAMES McKEEN CATTELL

AUS EASTON, PA., U. ST. OF A.

MIT ACHT HOLZSCHNITTEN.

LEIPZIG

WILHELM ENGELMANN

1886.

Separatabdruck aus Wundt, Philosophische Studien. III. 2 und 3.

Die Aufgabe dieser Abhandlung soll es sein, die Schnelligkeit einfacher psychischer Processe zu bestimmen. Treffen auf die Netzhaut Schwingungen des Lichtäthers von einer bestimmten Wellenlänge, so sieht man rothes Licht, aber es vergeht nach dem Auftreffen der Schwingungen auf die Netzhaut eine gewisse Zeit, bevor man das Licht wahrnimmt. Denn es ist 1) Zeit erforderlich, damit die Aetherschwingungen die Netzhautelemente erregen; sodann vergeht Zeit, bis 2) die Erregung durch den Sehnerven nach dem Gehirn und 3) durch das Gehirn nach dem Sehcentrum geleitet ist; endlich 4) dauert es eine gewisse Zeit, bis die Erregung im Sehcentrum diejenigen Veränderungen hervorgebracht hat, welche seiner Natur und der des äußeren Reizes entsprechen. Erst wenn diese Veränderungen eingetreten sind, wird rothes Licht wahrgenommen. Es bedarf jedoch, wie wir annehmen dürfen, keiner Zeit, damit eine Empfindung oder Wahrnehmung entsteht, nachdem die ihr eigenthümlichen Veränderungen im Gehirn einmal hervorgebracht sind. Die Empfindung des rothen Lichtes ist ein Zustand des Bewusstseins, welcher einem gewissen Zustande des Gehirns entspricht. Die chemischen Veränderungen in einer galvanischen Batterie erfordern Zeit; nachdem sie aber eingetreten, ist keine weitere Zeit erforderlich, um den elektrischen Strom hervorzubringen. Der Strom ist das Product chemischer Aenderungen in der Batterie, aber er ist zugleich der un-

mittelbare Ausdruck dieser Aenderungen. Analog denken wir uns die Beziehung zwischen den Zuständen des Bewusstseins und den Veränderungen im Gehirn.

Wie zur Wahrnehmung eines Lichteindrucks eine gewisse Zeit erforderlich ist, so auch zur Ausführung einer Bewegung. Veränderungen im Gehirn, deren Ursprung und Natur wir nicht zu erklären vermögen (physiologisch sind sie Theile der ununterbrochenen Lebensthätigkeit des Gehirns, psychisch sind sie oft im Bewusstsein gegeben als Willensimpulse), erregen das Centrum für Zuordnung von Bewegungen. Der hier entstandene Impuls wird durch das Gehirn (und eventuell durch das Rückenmark) nach einem motorischen Nerven und durch diesen zu dem Muskel geleitet. Wir haben hier in umgekehrter Reihenfolge die nämlichen vier Zeitabschnitte, wie in dem Falle, wo ein gegebener Reiz eine Empfindung hervorrief. In beiden Fällen vergeht eine Latenzzeit im Sinnesorgan oder Muskel, eine centripetale oder centrifugale Zeit in der Nervenleitung, eine centripetale oder centrifugale Zeit im Gehirn und eine Zeit des Anwachsens der Energie im sensorischen oder motorischen Centrum. Außer diesen zwei Classen von Vorgängen, den centripetalen und centrifugalen, gibt es noch intercentrale, im Gehirn selbst, von denen uns manche im Bewusstsein gegeben sind und das seelische Leben des Vorstellens und Fühlens ausmachen. Alle diese Vorgänge erfordern eine gewisse Zeit und in vielen Fällen kann, wie ich zeigen werde, diese Zeit bestimmt werden.

I. Apparate und Methoden.

Die Dauer eines psychischen Vorganges direct zu messen, ist bekanntlich unmöglich. Man muss vielmehr die Zeit bestimmen, welche vergeht zwischen der Erzeugung eines äußeren Reizes, welcher Gehirnprocesse auslöst, und der Ausführung einer Bewegung, die auf diese Processe folgt. Ein Apparat, welcher diese Zeit bestimmen soll, muss drei Bestandtheile enthalten: 1) ein Instrument, um den äußeren Reiz, welcher Gehirnprocesse veranlassen soll, hervorzubringen und um den Moment des Hervorbringens zu registriren, 2) ein solches, um den Zeitpunkt einer Bewegung zu registriren, welche ausgeführt wird, nachdem die Gehirnprocesse vorüber sind, 3) ein weiteres, um die Zeit zu messen, welche zwischen diesen beiden Vor-

gängen verflossen ist. Die beiden ersten Instrumente sind verschieden je nach dem Reiz, welcher hervorgebracht, und je nach der Bewegung, welche registrirt werden soll. Zur Zeitmessung habe ich überall das Chronoskop angewandt, welches von Hipp in Neuchâtel construirt ist. Dasselbe misst, wenn es richtig controlirt wird, die Zeiten so genau als irgend eine der bis jetzt für ähnliche Zwecke angewandten chronographischen Methoden, es ist aber viel einfacher und bequemer zu handhaben. Das Chronoskop ist ein Uhrwerk, welches durch ein Gewicht in Bewegung versetzt und durch eine vibrirende Feder regulirt wird. Die Feder macht 1000 Schwingungen in der Secunde und bei jeder Schwingung kann ein Zahn eines Zahnrades vorübergehen, etwa nach dem Princip der Unruhe in der Taschenuhr. Diese Methode, das Uhrwerk zu reguliren, ist geistreich und genau, lässt aber besonders bei dem Chronoskop in seiner neuen Gestalt zuweilen zu, dass es in Unordnung geräth. Die Brauchbarkeit des Chronoskops beruht auf der Anwendung eines Elektromagneten. Die Zeiger stehen nicht in unmittelbarer Verbindung mit dem Uhrwerk und bewegen sich daher nicht ohne weiteres, wenn es in Gang versetzt wird. Sobald aber ein galvanischer Strom durch die Windungen des Elektromagnetes geschickt wird, wird der Anker desselben angezogen und ein System von Hebeln bringt die Zeiger in Verbindung mit dem Uhrwerk, so dass sie an der Bewegung desselben theilnehmen; wird der Strom wieder unterbrochen, so reißt eine Feder den Anker wieder los, und die Zeiger stehen still. Es wird so die Zeit gemessen, während der der Strom durch den Elektromagneten geht. Ein zweiter Elektromagnet ermöglicht die Umkehrung des ganzen Vorganges, gestattet also die Zeit zu messen, während der ein Strom unterbrochen ist. Die Zeiger zeigen Tausendstelsecunden an.[1]) Das Chronoskop fungirt sehr genau; die einzige wesentliche Schwierigkeit bei seiner Anwendung besteht darin, dass die Länge der Zeiten, welche wir an den Zifferblättern ablesen, variirt mit der Stärke des Stromes, welcher durch den Elektromagneten geht. Wir wollen voraussetzen, die Spannung der Feder, welche den Anker zurückzieht, bleibe constant. Ist dann, wenn wir den zuerst genannten Elektro-

1) In dieser Abhandlung ist sowohl im Text als in den Tabellen durchgängig 0,001″ als Zeiteinheit gebraucht. Als Symbol dafür gebrauche ich wie früher σ analog dem bereits von Anderen gebrauchten $\mu = 0{,}001$ mm.

magneten benutzen, der angewandte Strom sehr schwach, so wird es ziemlich lange dauern, bevor der im weichen Eisen erzeugte Magnetismus stark genug wird, um den Anker anzuziehen, und es wird mehr Zeit zwischen dem Schließen des Stromes und dem Anziehen des Ankers durch den Magneten vergehen, als zwischen dem Unterbrechen des Stromes und dem Losreißen des Ankers durch die Feder. In Folge dessen geben die Zeiger die Zeit, während der der Strom durch die

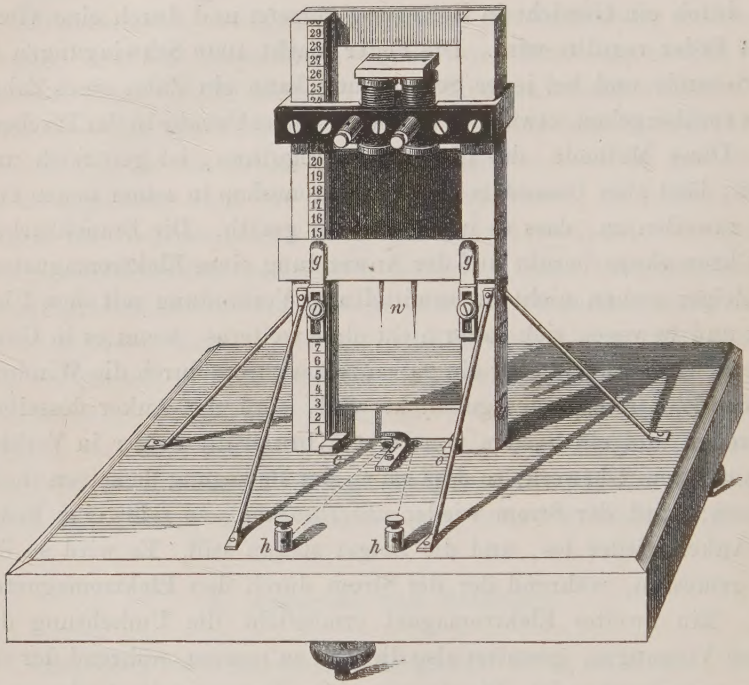

Fig. 1.

Rolle des Magnetes geht, zu kurz an. Ist andererseits der Strom stark, so wird das weiche Eisen sehr rasch genügend magnetisch und der Anker wird schnell angezogen, aber der Magnetismus verschwindet erst eine ziemliche Zeit, nachdem der Strom unterbrochen ist; es vergeht also mehr Zeit zwischen dem Oeffnen des Stromes und dem Losreißen des Ankers durch die Feder als zwischen dem Schließen des Stromes und dem Anziehen des Ankers. Die von der Uhr angezeigte Zeit ist dann länger als die, während der der Strom durch die Uhr

ging. Wenn die Stromstärke nicht richtig gewählt ist, können die erhaltenen Zeiten um mehr als eine Zehntelsecunde zu kurz oder zu lang sein, ein Fehler, der fast eben so groß ist als die ganze Reactionszeit. Es ist nun immer möglich, das Verhältniss der Stromstärke so zu reguliren, dass gleiche Zeiträume liegen zwischen Stromschließen und Anziehen des Ankers durch den Magneten und zwischen Stromunterbrechen und Losreißen des Ankers durch die Feder; nur in diesem Falle geben aber die Zeiger genau die Zeit an, während der der Strom durch die Windungen des Elektromagnetes gegangen ist. Man kann das empirisch ausführen, indem man die Zeit misst, während der der Strom geschlossen ist, und Stromstärke und Federkraft so abgleicht, dass die abgelesene Zeit gleich der anderweitig gemessenen wird. Zu diesem Zwecke (und für andere, später beschriebene) habe ich einen Apparat[1]) gebraucht, welcher mit Rücksicht auf seine ursprüngliche Bestimmung ein Fallchronometer genannt werden kann.

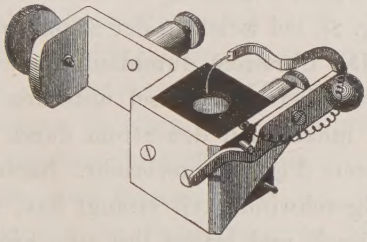

Fig. 2.

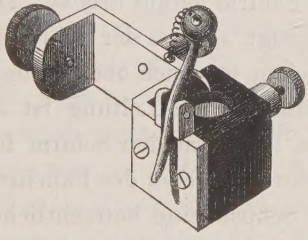

Fig. 3.

Der Apparat (Fig. 1) besteht aus zwei massiven messingenen Säulen von 30 cm Höhe, welche 10 cm von einander entfernt sind und senkrecht auf der Grundfläche stehen. Die Säulen können genau senkrecht gestellt werden durch drei Stellschrauben, auf denen der Apparat steht. In die Säulen eingeschnitten sind dreikantige Rinnen, in welchen ein massiver Schirm aus Weicheisen ohne merkliche Reibung gleitet. Dieser Schirm wird in der Schwebe gehalten durch

1) S. Philos. Studien III, 1. — Brain, Oct. 1885. — Der beschriebene Apparat wurde unter meiner Leitung in der mechanischen Werkstatt von Carl Krille in Leipzig gebaut; derselbe kann Duplicate liefern. Der Apparat kann angesehen werden im Psychologischen Institut der Universität Leipzig und im Army Medical Museum zu Washington.

einen Elektromagneten, welcher in jeder beliebigen Höhe angebracht werden kann. Wird der den Elektromagneten umkreisende Strom unterbrochen, so fällt der Schirm und zwar legt er denselben Fallraum immer in derselben Zeit zurück. An einer der Säulen können kleine Stromschlüssel (Fig. 2 und 3) befestigt werden, die resp. einen Strom schließen und öffnen. Beide bestehen aus einem Hartgummibassin, welches mit Quecksilber gefüllt ist; das Quecksilber steht mit einer Klemmschraube in leitender Verbindung. Ein Hebel mit Platinspitze, der vermittelst einer Platinspirale mit einer zweiten Klemmschraube in Verbindung steht, taucht in das Quecksilber. An dem einen Schlüssel (Fig. 2) ist der Hebel so angebracht, dass die Spitze das Quecksilber nicht berührt, aber, wenn der Schlüssel an der Säule des Fallchronometers befestigt ist und der Hebel durch den Schirm heruntergedrückt wird, in das Quecksilber hineintaucht. An dem zweiten Schlüssel (Fig. 3) taucht ebenfalls ein Hebel in das Quecksilber, wird aber (wie in der Figur dargestellt) herausgehoben, wenn der Schirm darauf drückt. Die Schlüssel werden an einer der Säulen befestigt, so dass der Schlüssel (Fig. 2), bei welchem der Strom unterbrochen ist, sich oben befindet. Der Uhrstrom durchläuft also beide Schlüssel, die Leitung ist aber im oberen Schlüssel unterbrochen. Man lässt nun den Schirm fallen, indem man den Strom durch den Elektromagneten des Fallchronometers (Fig. 1) unterbricht. Nachdem der Schirm eine beträchtliche Fallgeschwindigkeit erlangt hat, trifft er auf den Hebel des oberen Schlüssels und bringt ihn zum Eintauchen in das Quecksilber; hierdurch wird der Uhrstrom geschlossen, also die Zeiger in Bewegung versetzt. Hat der Schirm den Raum, welcher zwischen beiden Schlüsseln liegt, durchfallen, so trifft er auf den Hebel des zweiten Schlüssels und hebt ihn aus dem Quecksilber; der Uhrstrom wird also jetzt unterbrochen und die Zeiger stehen wieder still. Der Schirm durchfällt den Raum zwischen beiden Schlüsseln immer in genau derselben Zeit, und die an der Uhr abgelesenen Zeiten sind ebenfalls constant, können aber, wie wir oben sahen, um mehr als eine Zehntelsecunde länger oder kürzer sein als die Zeit, während der der Strom wirklich geschlossen war. Die Zeit, welche der Schirm braucht, um den Raum zwischen beiden Schlüsseln zu durchfallen (d. h. die Zeit, während der der Strom wirklich geschlossen ist), wird bestimmt mit Hülfe einer Stimmgabel von bekannter Schwingungszahl,

welche auf dem mit berußtem Papier bedeckten Schirme schreibt. Diese Zeit kann auch theoretisch berechnet werden; diese für den freien Fall eines Körpers im leeren Raume berechnete Zeit ist nur wenig kürzer als die mit Hülfe der Stimmgabel gefundene. Kennen wir nun die Zeit, welche vergeht zwischen dem Schließen des Stromes im oberen Schlüssel und dem Unterbrechen desselben im unteren, so können wir die Stärke des Uhrstromes und die Federkraft leicht so reguliren, dass die Zeiger gerade die richtige Zeit angeben. Je stärker Strom und Feder genommen werden, um so kürzer ist die Zeit, welche nach dem Stromschließen vergeht, bis der Anker angezogen wird, und desto kürzer die Zeit, welche nach dem Oeffnen vergeht, bis er losgerissen wird. Die Bestimmung mit der Stimmgabel braucht nur so oft wiederholt zu werden, bis man sicher ist, dass bei der Messung selbst kein Fehler gemacht wurde. Man wird übrigens gut thun, wenn man den Abstand beider Schlüssel variirt und untersucht, ob die an der Uhr abgelesenen Zeiten in jedem Falle dieselben sind wie die direct gefundenen. Trotzdem muss das Chronoskop täglich durch das Fallchronometer oder durch ein empfindliches Galvanometer controlirt werden, damit man den Strom wieder abgleicht, wenn er sich geändert hat. Zu diesem Zwecke kann auch der von Hipp gelieferte Fallapparat benutzt werden, wenn man genügende Vorsichtsmaßregeln trifft. Die Stärke des Stromes wird abgeglichen mit Hülfe eines Rheostaten R (Fig. 8), und seine Richtung wird umgekehrt (um die Entstehung von permanentem Magnetismus im Elektromagneten der Uhr unmöglich zu machen) mit Hülfe eines Stromwenders C. Es versteht sich von selbst, dass man eine möglichst constante Batterie anwenden muss. Nach mannigfachen Versuchen habe ich mich für eine Form der Zinkkupferbatterie entschieden, in welcher sich die Flüssigkeiten nach dem specifischen Gewichte übereinander lagern. Ich benutzte sechs große Elemente, die ungefähr einmal monatlich gereinigt wurden, sonst stets unter sich verbunden blieben, nur dass natürlich der Schließungsbogen der Batterie außer bei den Versuchen unterbrochen war.

Wenn das Chronoskop in der geeigneten Weise controlirt wird, misst es die Zeiten sehr genau. Bei derselben Stromstärke ist die mittlere Variation der abgelesenen Zeiten (einschließlich der Fehler, welche das Fallchronometer erzeugt), kleiner als 2σ. Diese unbedeutende

Variation corrigirt sich selbst so gut wie vollständig bei einer Reihe von Versuchen. Eine zweite ungefähr gleich große Variation entsteht dadurch, dass der Strom nicht völlig genau abgeglichen ist oder sich nach dem Abgleichen ändert. Auch dieser Fehler hat die Tendenz, sich selbst zu eliminiren. Eine dritte Fehlerquelle besteht darin, dass das Chronoskop zu langsam oder zu schnell laufen kann. Dieselbe ist durch genaue Regulirung der schwingenden Feder fast vollkommen zu eliminiren.

Das Fallchronometer diente bei fast allen meinen Versuchen dazu, den Sinnesreiz hervorzubringen und in demselben Moment den Uhrstrom zu schließen. War die Reactionszeit für Licht zu bestimmen, so wurde der Zwischenraum zwischen beiden Säulen mit schwarzem Carton bedeckt, so dass der Schirm für den Beobachter vollständig unsichtbar war. In den Carton (unterhalb des Schirmes; der Magnet befand sich höher als in der Figur) war ein Spalt von 2 cm Höhe und 3 cm Breite eingeschnitten, und der Reagirende fixirte eine schwarze Fläche, die mehrere mm hinter dem Spalte stand. Der Ablesende ließ den weiß überklebten Schirm fallen, indem er den Strom, der durch die Windungen des Elektromagnetes ging, unterbrach. Plötzlich und ohne vorher bemerkt zu werden erscheint an dem vom Reagirenden fixirten Punkte eine weiße Fläche, und in demselben Augenblick, bis auf 1 σ genau, trifft der Schirm auf den Hebel des Schlüssels (Fig. 2) und schließt den Uhrstrom. Der Schirm fällt ohne jedes Geräusch, bis er aufgehalten wird durch den Druck der Hemmfeder *f* und die Gummipolster *cc*, und dieses Geräusch kommt zu spät nach dem Lichteindrucke, als dass es die Reactionszeit verlängern oder verkürzen könnte. Die Feder *f* ist so eingerichtet, dass sie einerseits den fallenden Schirm aufhält, andererseits ihn verhindert, wieder hoch zu springen, nachdem er auf die Gummistücke aufgefallen ist. Waren andere psychische Vorgänge als die in der Reactionszeit enthaltenen zu untersuchen, so war das Object, welches jene Vorgänge veranlassen sollte, z. B. ein gedrucktes Wort, auf einem Carton von 15 cm Breite und 3 cm Höhe aufgeklebt. Dieser Carton wurde in bestimmter Lage festgehalten durch die Klemmfedern *gg* und ist dem Reagirenden verborgen durch den schwarzen Schirm. Der Reagirende fixirt einen grauen Punkt auf dem Schirme, der sich ganz genau vor dem auf den Carton geklebten Object befindet. (Fig. 1 zeigt die Rückseite, Fig. 1 S. 97

der Phil. Stud. die Vorderseite des Apparates.) Ein gebogener Kupferdraht *w*, dessen eine Spitze länger ist als die andere, ist am Schirme befestigt. Fällt der Schirm, so tauchen die amalgamirten Spitzen in zwei Vertiefungen in der Bodenfläche, welche mit Quecksilber angefüllt sind. Jedes dieser Quecksilbernäpfchen steht in Verbindung mit einer der Klemmschrauben *h h* und diese resp. mit der Batterie und dem Chronoskop, so dass der Strom an dieser Stelle unterbrochen ist. Fällt der Schirm, so verbindet der Kupferdraht *w* die beiden Quecksilbernäpfchen und der ganze Apparat ist nun derart eingerichtet, dass (bis auf 1 σ genau) in dem Moment, in welchem das auf dem Carton befindliche Object dem Reagirenden sichtbar wird, die kürzere Spitze des Drahtes in das Quecksilber taucht und der Uhrstrom geschlossen wird. Diese Methode ist auf jeden Fall besser als die bisher angewandte, Objecte durch ein elektrisches Licht zu beleuchten. Sie umgeht vollständig die Unbequemlichkeiten und Schwierigkeiten, welche sich bei der Anwendung eines Inductionsstromes einstellen, z. B. das Licht constant zu erhalten, zu genau gleicher Zeit einen Inductionsstrom und einen galvanischen Strom zu schließen und andere Schwierigkeiten, die derjenige am besten kennt, welcher einmal versucht hat, sie zu überwinden. Ferner eliminirt sie die Zeit, welche das Auge braucht, um sich einem Lichteindruck von unerwarteter Intensität zu adaptiren, eine Zeit, die viele Experimentatoren sehr groß geschätzt haben. Schließlich setzt sie den Reagirenden in den Stand, ganz genau den Punkt zu fixiren, an welchem das Object sichtbar wird, so dass Wörter etc. benutzt werden können.

Drei verschiedene Apparate waren es, welche dazu dienten, den Uhrstrom zu unterbrechen in dem Moment, wo der Reagirende eine Bewegung machte. Der erste derselben war ein Telegraphenschlüssel, den der Reagirende mit einem oder mehreren Fingern geschlossen hielt und den er öffnete durch eine Bewegung der Hand. Der benutzte Schlüssel muss sehr empfindlich sein, muss den Strom instantan unterbrechen und darf nur geringen Druck erfordern, um geschlossen zu sein. Die beiden anderen Apparate waren bestimmt, einen Strom zu unterbrechen, sobald die Sprachorgane bewegt wurden. Der erste von beiden (Fig. 4) kann Lippenschlüssel genannt werden. Die Klemmschrauben *B B* sind verbunden resp. mit Batterie und Chronoskop. Der Platincontact *c* ist geschlossen, wenn der Reagirende die Elfenbein-

enden *T T* zwischen den Lippen hält; sobald aber die Lippen geöffnet werden, unterbricht die Feder *S* den Contact und damit den Strom, welcher durch das Chronoskop ging. Die einzige Schwierigkeit bei der Anwendung dieses Lippenschlüssels besteht darin, dass der Reagirende möglicherweise die Lippen bewegt, bevor er die zu registrirende Bewegung der Stimmorgane ausführt. Diese Schwierigkeit wird vermieden bei dem in Fig. 5, 6 und 7 gezeichneten Apparate, den man Schallschlüssel nennen kann.

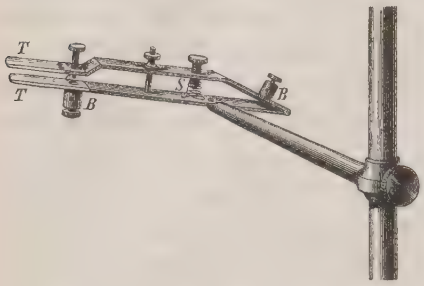

Fig. 4.

Der Uhrstrom wird unterbrochen, wenn der Reagirende in das Mundstück *M* (Fig. 5) hineinspricht. Um den Apparat in Thätigkeit zu versetzen, muss noch ein neuer galvanischer Strom hinzukommen,

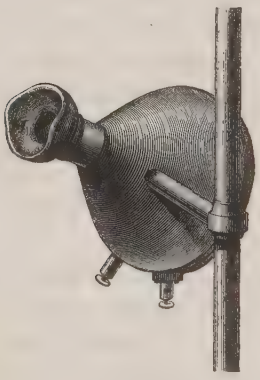

Fig. 5.

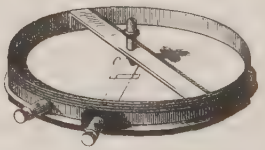

Fig. 6.

zu welchem ich vier Daniell'sche Elemente gebrauchte. Dieser Strom geht durch einen Stromwender, die Windungen eines Elektromagnetes (Fig. 7) und durch den in Fig. 5 und 6 gezeichneten Apparat. Dieser letztere besteht aus einem Mundstück, einem Trichter und einem Ring (Fig. 6), der in das Trichterende hineinpasst und mit ungegohrenem Lammleder überspannt ist. Spricht der Reagirende in das Mundstück, so versetzen die Schallwellen das Leder in Schwing-

ungen und der Platincontact c wird unterbrochen. Auch durch das mit dem Sprechen verbundene Ausathmen wird der Contact aufgehoben. Der Strom, welcher den Elektromagneten (Fig. 7) umkreist, geht nun durch diesen Contact; wenn also dieser unterbrochen wird, wenn auch nur auf einen Augenblick, verliert das weiche Eisen seinen Magnetismus, und der Anker wird mit Hülfe der Feder F losgerissen. Die Stärke dieser Feder kann mit Hülfe der Schraube N regulirt werden. Die Klemmschrauben BB sind resp. verbunden mit dem Chronoskop

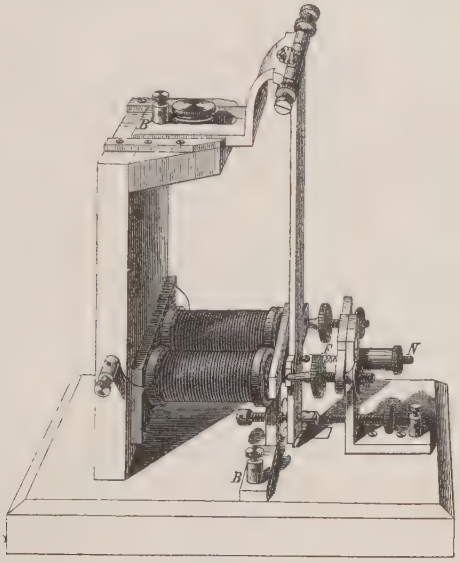

Fig. 7.

und der zugehörigen Batterie, so dass der Uhrstrom durch den bei C befindlichen Contact geht. Dieser Contact ist so lange geschlossen, als der Anker vom Magneten festgehalten wird, wird aber in dem Augenblick unterbrochen, wo der Magnetismus im weichen Eisen verschwindet oder soweit vermindert wird, dass die Feder den Anker losreißen kann. Der Anker wird nicht bis unmittelbar an den Magneten herangezogen, weil der Contact C es verhindert. Der Druck wird constant gehalten durch Regulirung der Kraft der Feder F. Man wird erkennen, dass, wenn der Contact im Schalltrichter unterbrochen ist, keine merkliche Zeit vergeht, bis der Uhrstrom ebenfalls unterbrochen ist; der Contact im Schalltrichter aber wird bei der leisesten Bewegung

der Sprachorgane unterbrochen, also wird der Augenblick dieser Bewegung registrirt.

In Fig. 8 ist die Anordnung der Apparate gegeben für den Fall, dass man die Zeit bestimmen will, in welcher z. B. ein Wort erkannt und benannt wird. Der so Reagirende sitzt in natürlicher Haltung und in deutlicher Sehweite von dem zu erkennenden Object, und er kann bequem in das Mundstück des Schallschlüssels F hineinsprechen oder (bei anderen Versuchen) den Telegraphenschlüssel geschlossen

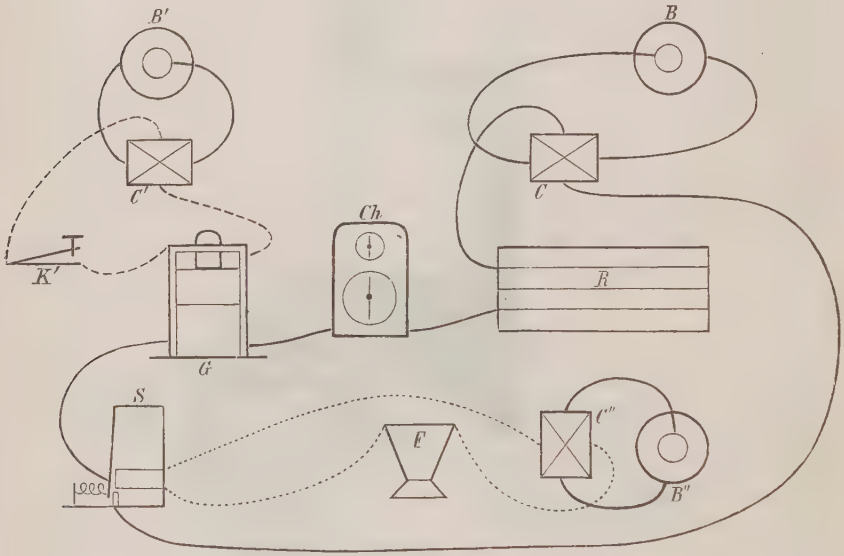

Fig. 8.

halten. Der Ablesende sitzt so, dass er bequem alle Apparate erreichen kann, mit denen er zu arbeiten hat. Der Uhrstrom geht von der Batterie B zum Stromwender C, durch die Rheostaten R (wenn nöthig noch zuvor durch eine Bussole) und durch das Chronoskop Ch. Weiter geht er durch das Fallchronometer G, wo er unterbrochen ist, so lange das Quecksilber in beiden Näpfchen nicht verbunden ist, sodann durch den Contact des Unterbrechers S (Apparat Fig. 7), wieder durch den Stromwender C und nach der Batterie zurück. Der Strom, welcher den Elektromagneten des Fallchronometers umkreist, geht von

der Batterie B'' nach dem Stromwender C', durch den Schlüssel K'' und durch das Fallchronometer zurück zum Stromwender und der Batterie. Der dritte Strom, welcher durch den Schallschlüssel geht, läuft von der Batterie B' zum Stromwender C'', durch den Contact des Schallschlüssels F, den Elektromagneten des Unterbrechers S (Fig. 7) und zurück zum Stromwender und zur Batterie.

Nehmen wir also den Fall, wir wollten die Zeit messen, welche man braucht, um ein Wort zu erkennen und zu benennen. Der Ablesende steckt einen Carton, auf welchen ein gedrucktes Wort geklebt ist, in die Klemmfedern des Fallchronometers; darauf sagt er »Jetzt!« und setzt das Uhrwerk des Chronoskops in Bewegung. Der Reagirende fixirt den Punkt auf dem Schirme, welcher sich unmittelbar vor dem Wort befindet. Jetzt lässt der Ablesende (oder der Reagirende selbst) den Schirm fallen, indem er den Strom unterbricht, welcher durch den Elektromagneten von G geht und den Schirm festhält. Plötzlich erscheint dem Reagirenden das Wort an der fixirten Stelle und in demselben Moment werden die beiden Quecksilbernäpfchen durch den Kupferdraht verbunden; der Uhrstrom wird also geschlossen, und die Uhrzeiger setzen sich in Bewegung. Der Reagirende spricht möglichst rasch das Wort aus; sobald er zu sprechen beginnt, wird der durch den Elektromagneten von S gehende Strom unterbrochen und der Anker losgerissen. Der Uhrstrom ist also unterbrochen und die Zeiger stehen still. Der Ablesende hält dann das Uhrwerk ein und liest an den Zifferblättern die Zeit ab, die erforderlich war, um das Wort zu erkennen und zu benennen.

Die speciellen Methoden und die Vorsichtsmaßregeln, welche nothwendig sind, wenn man mit Hülfe der hier beschriebenen Apparate genaue Resultate erzielen will, lassen sich am besten betrachten, wenn ich über die verschiedenen einzelnen psychischen Vorgänge rede, deren Zeitdauer ich zu bestimmen versucht habe. Es wird indess angebracht sein, zwei Punkte schon hier zu erwähnen, welche für alle meine Versuche gemeinsam gelten. Es handelt sich erstens um die Methode, aus den verschiedenen Einzelversuchen den richtigen Mittelwerth zu berechnen. Gebräuchlich sind hier zwei Methoden: entweder aus allen gemessenen Reactionen das Mittel zu nehmen, oder die Zeiten, welche der Experimentator für zu kurz oder zu lang hält, bei der Berechnung des Mittels einfach wegzulassen. Gegen beide Methoden

sind wesentliche Einwürfe zu machen. Die erste liefert ungenaue Resultate, da in Folge gewisser abnormer Umstände eine Reaction vom Mittelwerthe der übrigen soweit abweichen kann, dass sie das Resultat der ganzen Reihe falsch machen würde. Man kann behaupten, dass dieser Fehler eliminirt werden kann, wenn man die Gesammtzahl der Versuche genügend groß macht; das erfordert aber einen großen Aufwand von Zeit und Arbeit, ohne den Fehler vollständig zu corrigiren. In physikalischen Experimenten können die Messungen, welche vom Mittelwerth am meisten abweichen, eben so leicht nach der einen als nach der anderen Seite hin liegen, das ist aber nicht der Fall bei unseren Versuchen. Reactionen, welche so kurz sind, dass sie den Mittelwerth ernstlich beeinflussen könnten, können kaum vorkommen, aber in Folge innerer oder äußerer Störungen werden die Reactionen zuweilen abnorm lang. In Folge dessen ist auch, wenn wir den Mittelwerth aus einer unendlich großen Anzahl von Reactionen nehmen, das Resultat nicht genau, sondern immer etwas größer als das Mittel der unter normalen Umständen ausgeführten Reactionen. Die von Exner eingeführte Methode, Reactionen, welche zu lang oder zu kurz zu sein scheinen, einfach wegzulassen, kann ja möglicherweise richtige Resultate ergeben, sie ist aber zweifellos unsicher. Der Experimentator glaubt den richtigen Werth gefunden zu haben und lässt dann, vielleicht ohne sich dessen klar bewusst zu werden, bei der Berechnung diejenigen Reactionen weg, welche diesen Werth ändern könnten. Merkel[1]) z. B. gibt 15 Mittel, in denen seine Appercptionszeit zwischen 22 und 25 σ liegt, und die Zeiten in 120 anderen Reihen, welche mit 8 verschiedenen Personen angestellt sind, stimmen genau damit überein, da sie nur zwischen 19 und 26 σ variiren. Diese Mittel stimmen bis zu einer vollständig unmöglichen Genauigkeit überein; wir werden uns daher nicht wundern dürfen, wenn wir die angegebene Zeit vollständig falsch finden. Die Arbeit von v. Kries und Auerbach[2]) verliert viel von ihrem Werth durch den Umstand, dass bei der Berechnung ihrer Resultate sehr viele der gefundenen Zeiten weggelassen sind.

Ich habe eine andere und, so weit ich weiß, neue Methode ange-

---

1) Philos. Stud. II, 1.

2) Du Bois-Reymond's Archiv, 1877.

wandt. Wenn der Apparat nicht gehörig functionirte, wurde natürlich keine Reaction gemessen, aber aus allen gemessenen Reactionen wurde das Mittel berechnet. In einer Reihe wurden entweder 13 oder 26 Reactionen gemacht; daraus wurde das Mittel berechnet und die Abweichung jeder Reaction von diesem Mittel. Dann wurde die Reaction, welche die größte Variation hatte, weggelassen. das Mittel der übrigen 12 oder 25 berechnet und wiederum die am meisten von diesem Mittel abweichende Reaction weggelassen. Dies Verfahren wurde wiederholt, bis die 3 oder 6 schlechtesten Reactionen weggelassen waren; ich behielt dann die 10 oder 20 besten Reactionen und ihre Abweichungen von ihrem Mittel. In der Praxis braucht man so viele Mittel nicht wirklich zu berechnen, da es nur nothwendig ist, diejenigen 3 oder 6 Reactionen wegzulassen, die von dem corrigirten Mittelwerth am meisten abweichen, und da dieser bei einiger Uebung meist von vornherein zu erkennen ist. Ich gebe in dieser Abhandlung sowohl das Mittel aus allen Versuchen als auch das nach der eben beschriebenen Methode corrigirte Mittel. Man wird bemerken, dass die beiden Werthe nur unbedeutend von einander abweichen; die Versuchsbedingungen waren nämlich derart, dass wirklich abnorme Reactionen selten vorkommen konnten.

Der zweite hier zu erwähnende Punkt ist der Einfluss der Uebung, Aufmerksamkeit und Ermüdung auf die Länge der gemessenen Zeiten. An späteren Stellen dieser Abhandlung werde ich eine Anzahl von Versuchen mittheilen, welche ich nach dieser Richtung hin angestellt habe. Bei den sonstigen Versuchen war dafür gesorgt, dass die Ursachen der Variation möglichst ausgeschlossen wurden. Die beiden Versuchspersonen (Dr. G. O. Berger und Schreiber dieser Abh.), mit denen die Versuche angestellt wurden, hatten in psychologischen Arbeiten bereits viele Uebung. Ihr körperliches Befinden war gut, ihre Lebensweise regelmäßig, sie vermieden sogar morgens den Genuss von Kaffee. Die Versuche wurden jeden Morgen (mit Ausnahme des Sonntags) von 8—1 Uhr angestellt. Nach jeder Reihe von 26 Versuchen verging eine beträchtliche und constante Zeit, bevor dieselbe Person wieder zu reagiren hatte. Die Versuchsperson hielt ihre Aufmerksamkeit möglichst constant und wurde nicht gestört durch Lärm oder die Anwesenheit dritter Personen im Zimmer.

Diese Versuche sind in Amerika begonnen, aber im wesent-

lichen im psychologischen Institut der Universität Leipzig ausgeführt worden.

II. Die Reactionszeit.

Die Reactionszeit kann leicht und genau bestimmt werden, aber es ist schwer zu entscheiden, welche Vorgänge in einer Reaction enthalten sind, und ganz unmöglich anzugeben, wie sich die gemessene Zeit auf dieselben vertheilt. Wir werden sehen, dass die Reactionszeit für Licht unter günstigen Umständen ungefähr 150 σ beträgt. Ich halte es für wahrscheinlich, dass diese Zeit ungefähr zu gleichen Theilen den Vorgängen im Gehirn und den Vorgängen außerhalb desselben zuzuweisen ist. Die letzteren sind: 1) die Latenzzeit im Sinnesorgan, 2) die Zeit der Leitung im sensiblen Nerven, 3) die Zeit der Leitung im Rückenmark und im motorischen Nerven, 4) die Latenzzeit im Muskel. Es ist von verschiedenen Physiologen versucht worden, diese Zeiten einzeln zu bestimmen, dieselben sind jedoch sicher viel constanter als nach den schlecht übereinstimmenden Versuchen zu erwarten wäre. Die im Folgenden beschriebenen Versuche zeigen, dass die mittlere Variation der gemessenen Reactionszeiten nur ein Zwanzigstel der ganzen Zeit beträgt, und diese geringe Variation können wir in der Hauptsache auf veränderliche Zustände des Gehirns zurückführen. Wenn die Leitungsgeschwindigkeit im Nerven nicht constant wäre, würde vermuthlich die Wahrnehmung von Tönen erheblich gestört sein.

Die Leitungsgeschwindigkeit in den Nerven ist ein beliebter Gegenstand physiologischer Untersuchungen[1] gewesen, die bisher gefundenen Resultate sind jedoch unbefriedigend. Exner gibt im 2. Bande von Hermann's »Handbuch der Physiologie«[2] als Resultat der »vollkommen vorwurfsfreien Messungen« von Helmholtz und Baxt die Leitungsgeschwindigkeit gleich 62 m in der Secunde an, und in demselben Bande und gleichfalls als Resultat von Versuchen von Helmholtz und Baxt setzt Hermann die Geschwindigkeit gleich 33,9005 m in der Secunde.[3] In der That scheint die Geschwindigkeit

1) S. die Angaben in Hermann's Hdb. d. Physiol. 2. Bd. II, 14 ff.
2) II, 272.
3) I, 22.

von der Temperatur und von anderen meist in den Versuchsmethoden begründeten Bedingungen abzuhängen. Noch widersprechendere Resultate ergeben Versuche, die (meist mit incorrecter Anwendung der Reactionszeit) mit sensiblen Nerven angestellt sind.

Vorläufig können wir nichts besseres thun, als die Leitungsgeschwindigkeit sowohl für die motorischen als für die sensiblen Nerven ungefähr gleich 33 m in der Secunde anzunehmen. Es ist wahrscheinlich, dass die Geschwindigkeit im Rückenmark geringer ist, und dass der Nervenimpuls sowohl beim Eintritt in dasselbe als auch beim Austritt, sowie beim Durchgang durch ein Ganglion[1]) eine Verzögerung erfährt. Bis auf weiteres können wir als Hypothese annehmen, dass, wenn eine Lichtreaction ausgeführt wird, welche 150 σ dauert, 50 σ dazu erforderlich sind, dass der Nervenimpuls von der Netzhaut zum Gehirn und vom Gehirn durch das Rückenmark zu den Muskeln der Hand gelangt. Wenn ein Froschmuskel durch einen Inductionsschlag gereizt wird, so liegt die Latenzzeit zwischen 5 und 10 σ[2]); die Zeit ist vielleicht eben so groß, wenn in den Handmuskeln durch einen Nervenimpuls eine Innervation hervorgerufen wird.

Es vergeht sicher auch eine Latenzzeit im Sinnesorgan, während der Reiz in einen Nervenimpuls verwandelt wird. Bei den sogenannten mechanischen Sinnen ist diese Zeit sehr kurz, wenn aber die Netzhaut durch einen Lichteindruck gereizt wird, so findet, wie man allgemein annimmt, ein chemischer Process statt, und dieser kann, namentlich bei schwachen Lichteindrücken, von ziemlich langer Dauer sein.[3]) Wir wissen, dass ein Lichteindruck eine beträchtliche Zeit auf die Netzhaut wirken muss, damit das Maximum von Intensität der Empfindung hervorgerufen wird; daraus lässt sich indess kein Schluss

---

1) Exner, Pflüg. Arch. VIII., Arch. f. Anat. u. Physiol. 1877. — François-Frank u. Pitres, Gazette Hebd. 1878. — Wundt, Mechanik der Nerven II, 45.

2) Tigerstedt, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1885 und an den von ihm citirten Stellen.

3) v. Wittich, Zeitschr. f. rat. Med. XXXI, u. Exner, Pflüg. Arch. VII, fanden die Reactionszeit kürzer, wenn der Sehnerv durch einen elektrischen Strom, als wenn die Netzhaut durch Licht gereizt wurde. Die Differenz kann aber von anderen Factoren herrühren, welche eben so gut der Reactionszeit als der Latenzzeit im Sinnesorgan zuzurechnen sein können.

ziehen in Bezug auf die hier betrachtete Zeit. Ich habe gezeigt,[1]) dass ein farbiges Licht von mäßiger Intensität 0,6—2,75 σ (je nach der Farbe und je nach der Versuchsperson verschieden) auf die Netzhaut wirken muss, damit es erkannt werden kann, und weiter, dass diese Zeit in arithmetischer Reihe wächst, wenn die Intensität des Lichtes in geometrischer Reihe abnimmt. Die Zeit wird aber beträchtlich länger, wenn der Farbe ein weißes Licht folgt, da das zweite Licht, wie es scheint, den auf der Netzhaut bereits vorhandenen Eindruck verlöscht. Unter diesen Umständen musste ein violettes Licht 12,5 σ auf die Netzhaut wirken, um erkennbar zu werden. Es ist also wahrscheinlich, dass innerhalb dieses Intervalls das Licht noch nicht in einen Nervenimpuls umgesetzt war. Diese Versuche scheinen uns daher eine Minimalzeit zu liefern. Die bekannten Versuche mit rotirenden Scheiben zeigen, dass Lichteindrücke von mäßiger Intensität gerade zusammenschmelzen, wenn sie einander in Intervallen von 25 σ folgen. Es scheint also, dass in dem Zeitraume von 25 σ die Netzhaut erregt wird und den normalen Zustand wieder anzunehmen beginnt. Wenn diese Annahme richtig ist, so wäre dies die Maximaldauer für die hier betrachtete Zeit. Wir wissen ziemlich sicher, dass die Zeit, welche vergeht, bis ein Lichtreiz in einen Nervenimpuls umgesetzt ist, sich in gleichem Sinne ändert mit der Intensität des Lichtes, und dürfen vielleicht annehmen, dass diese Zeit für Tageslicht, welches von einer weißen Fläche reflectirt wird, 15—20 σ beträgt.

Diese Betrachtungen lassen uns vermuthen, dass bei einer Reaction auf Licht, wenigstens für geübte Versuchspersonen, nur etwa die Hälfte der ganzen Zeit, d. h. 75 σ, zu den Vorgängen im Gehirn gebraucht wird. Wir fragen natürlich, was geschieht im Gehirn, nachdem der Nervenimpuls dort angekommen ist? Man hat gewöhnlich angenommen, dass der größte Theil der Reactionszeit in Anspruch genommen werde vom Apperceptions- und Willensprocess; ich glaube indess, dass diese Vorgänge, wenn sie überhaupt vorhanden sind, nur sehr kurz dauern. Apperception und Wollen sind, wie man annimmt, hervorgerufen durch Änderungen in der Großhirnrinde, dagegen können Reflexbewegungen, welche Sinnesreizen entsprechen, z. B. die Contraction der Pupille oder das Blinzeln, noch ausgeführt werden,

1) Philos. Stud. III, 4. — Brain XXI.

wenn die Großhirnrinde weggenommen ist, und ein Thier kann in diesem Zustande Bewegungen ausführen, welche der Natur eines wirkenden Reizes entsprechen. Wirft man eine Taube, deren Großhirn entfernt ist, in die Luft, so wird sie nicht nur fliegen, sondern auch Hindernisse vermeiden und in ganz natürlicher Weise wieder auf den Boden gelangen. Sie hat demnach Lichteindrücke, es scheinen ihr aber die Vorstellungen zu fehlen, entweder, weil sie Farbe und Gestalt nicht unterscheidet, oder weil ihr die Intelligenz fehlt, die Beschaffenheit derselben zu unterscheiden. In gleicher Weise kann wahrscheinlich eine Reaction der von uns betrachteten Art, sofern nur eine hinreichend lange Einübung vorausgegangen ist, ohne Betheiligung der Großhirnrinde ausgeführt werden, d. h. ohne Apperception und Willensprocess. Wenn eine Versuchsperson im Ausführen von Reactionen ungeübt ist (in diesem Falle ist die Reactionszeit in der Regel länger als 150 σ), so geht sehr wahrscheinlich die Willenszeit dem Wirken des Reizes voraus. Die Versuchsperson ruft dann durch eine willkürliche Anstrengung, deren Dauer bestimmt werden kann, in den Leitungsbahnen zwischen dem Centrum für einfache Lichtreactionen und dem Centrum für Zuordnung von Bewegungen, sowie in dem letzteren Centrum selbst einen Zustand labilen Gleichgewichts hervor. Wenn dann ein Nervenimpuls zu dem ersten dieser Centren gelangt, verursacht er Änderungen nach zwei Richtungen: ein Impuls geht zur Großhirnrinde und bringt dort eine Apperception hervor, welche dem Reiz entspricht, zu gleicher Zeit verfolgt ein zweiter Impuls einen Weg, auf welchem er wenig Widerstand findet, nach dem Centrum für Zuordnung von Bewegungen, und die zugehörige Nervenerregung, die schon vorbereitet ist und nur noch auf das Signal wartet, wird vom Centrum nach den Handmuskeln gesandt. Wird die Reaction oft gemacht, so wird der ganze Gehirnprocess automatisch, der Reiz schlägt von selbst den vorbereiteten Weg nach dem motorischen Centrum ein und löst den Bewegungsimpuls aus.[1])

---

1) Diese Hypothese über die Natur der Reaction verliert nichts von ihrer Wahrscheinlichkeit, wenn wir annehmen, dass die Centra für Empfindung und Apperception nicht von einander verschieden sind, oder gar, dass bei der Reaction das Gehirn in irgend einer geheimnissvollen Weise »als Ganzes ¦fungirt«. In dieser Abhandlung nehme ich durchgängig an, dass psychische Zustände abhängig sind von Aenderungen im Gehirn. Wir wissen allerdings nur wenig über die Functionen des

Ich komme nun zu den Resultaten meiner Versuche. Ich gebe hier nur die Werthe an, welche ich für *B.* (Dr. G. O. Berger) und *C.* (Verfasser dieser Abhandlung) erhalten habe; ähnliche Versuche habe ich gemacht mit anderen Personen von verschiedenem Alter, Geschlecht, verschiedener Beschäftigung u. s. w., aber diese Versuche können wohl besser betrachtet werden, nachdem wir die Resultate sorgfältiger und zahlreicher Beobachtungen mit geübten Personen kennen gelernt haben. Zunächst haben wir zu betrachten die einfache Reactionszeit für Lichteindrücke. War diese Zeit zu messen, und war alles vorbereitet, wie es im vorigen Abschnitt beschrieben ist, so fixirte der Reagirende den Punkt, an welchem das Licht zu erscheinen hatte. Der Ablesende setzte darauf das Uhrwerk in Bewegung und ließ ungefähr eine Secunde später mit Hülfe des Fallchronometers den Lichtreiz erscheinen. Der Reagirende hob die Hand so rasch als möglich, und die Zeigerstellungen vor und nach dem Versuch ergaben unmittelbar die Zeit zwischen dem Erscheinen des Lichtreizes und dem Beginn der Muskelcontraction. In keinem einzigen Falle, soweit ich mich erinnern kann, ergab sich eine vorzeitige Reaction. Die einzige Störung ging vom Chronoskop aus, wenn das Gangwerk von der vibrirenden Feder nicht richtig regulirt wurde. Wenn es der Ablesende rechtzeitig bemerkte, ließ er überhaupt keinen Lichtreiz wirken. Bemerkt wurde diese gelegentliche Unordnung im Chronoskop jedesmal, so dass sie die Genauigkeit der gegebenen Zeiten nicht beeinträchtigen kann, aber der Reagirende wurde zuweilen dadurch gestört, so dass seine Reactionen in einzelnen Fällen vielleicht etwas unregelmäßiger geworden sind. Ueberall in dieser Abhandlung gebe ich die Resultate sämmtlicher Reihen und sämmtlicher Einzelreactionen an; außerdem füge ich dem Resultat jeder Reihe noch einen corrigirten Werth hinzu, den man nach der oben beschriebenen Methode erhält. Diese Correctur schließt alle abnormen Fälle aus. In den Tabellen gebe ich das in bekannter Weise berechnete Mittel aus den Abweichungen jeder einzelnen Reaction von dem Mittel der Reihe, welcher sie angehört (V).

Die in den Tabellen unter R gegebenen Mittel sind (wenn nicht ausdrücklich etwas anderes bemerkt ist) aus den 26 Versuchen, welche

---

letzteren. Ich mache daher auch möglichst wenig Annahmen, und diese müssen bei der Betrachtung streng unterschieden werden von den positiven Resultaten, deren Veröffentlichung Zweck dieser Abhandlung ist.

eine Reihe ausmachen, berechnet, die unter R' gegebenen Mittel aus den 20 Versuchen der corrigirten Reihen. Die Tabelle I gibt die Resultate von 20 Reihen einfacher Lichtreactionen, die in Pausen innerhalb sechs Monaten gemacht sind.

Tabelle I.

	B.				*C.*			
	R	V	R'	V'	R	V	R'	V'
12. I.	140	10	141	8	144	12	143	8
	145	10	143	6	136	9	138	5
16.	137	16	139	11	133	16	128	11
	156	10	155	7	147	15	150	11
30.	131	13	131	9	149	9	151	6
	152	13	149	9	143	11	143	9
27. II.	148	14	147	8	146	10	144	7
	160	13	162	8	144	9	144	6
28.	139	13	142	11	149	9	149	6
	161	15	163	9	146	9	146	5
	152	13	149	7	144	9	143	6
31. III.	164	14	164	8	163	9	163	6
	151	10	153	6	150	8	151	5
3. IV.	133	16	132	11	143	8	144	5
	157	9	159	6	138	11	136	7
4.	165	13	170	9	161	9	163	5
5.	144	13	147	9	147	9	148	6
7.	168	9	170	5	148	17	148	9
2. VII.	137	16	140	11	158	12	158	6
4.	152	13	155	9	140	14	145	9
M.	150	13	151	8	146	11	147	7

Die Tabelle zeigt, dass das Mittel aus 520 Reactionen auf Tageslicht, welches von einer weißen Fläche reflectirt wird, für *B.* 150, für *C.* 146 σ beträgt, oder, wenn die Reihen nach der beschriebenen Methode corrigirt sind, für beide um 1 σ größer wird. Das Gesammtmittel aus den mittleren Variationen der einzelnen Reihen war für *B.* 13, für *C.* 11 σ und wurde in den corrigirten Reihen resp. 8 und 7 σ. Man wird aus der Tabelle ersehen, dass die zu verschiedenen Zeiten gemachten Reihen nur unbedeutend von einander abweichen; die mittlere Variation der Resultate der 20 Reihen ist für *B.* 9, für *C.* 5 σ. Die Reactionszeit geübter Versuchspersonen ist also eine ganz constante Größe; nehmen wir irgend eine Reaction, so ist sie kaum um

eine Hundertstel Secunde verschieden von der vorhergehenden und folgenden und um weniger als zwei Hundertstel Secunden von den Reactionen, welche an anderen Tagen und unter anderen Umständen gemacht sind. Dennoch lege ich auf die dritte Decimalstelle nicht viel Gewicht; wenn die vorliegende Untersuchung zu wiederholen wäre, würden wir wahrscheinlich nicht bis auf eine Tausendstel Secunde genau dieselben Resultate erhalten. Wenn also z. B. *B.*'s Reactionszeit für Licht als 150 σ angegeben wird, so meine ich nur, dass dies das Resultat dieser 520 Reactionsversuche war; wenn wir sie mit anderen Werthen zu vergleichen haben und die absolute Länge von *B.*'s Reactionszeit angeben wollen, so beschränken wir uns daher am besten darauf zu sagen, dass sie 0.15″ beträgt, oder vielleicht noch besser, dass sie zwischen 0.14″ und 0.16″ liegt.

In den angeführten Versuchen wurde die Reaction mit der rechten Hand ausgeführt. Die Zeit ist dieselbe für die linke Hand.[1]) Ich gebe in Tabelle II das Mittel aus 5 Reihen (150 Reactionen), die mit der linken Hand auf Licht und in gleicher Weise auf Schall[2]) ausgeführt sind.

Tabelle II.[3])

		B.				*C.*			
		R	*V*	*R'*	*V'*	*R*	*V*	*R'*	*V'*
Licht	3.—7. IV.	153	12	156	8	147	11	148	6
Schall	3.—7. IV.	126	8	126	6	122	11	122	7

Es ist, wie die späteren Abschnitte dieser Abhandlung zeigen werden, für uns von großem Interesse, dass die Zeit länger ist, wenn die Reaction mit den Sprachorganen ausgeführt wird. Um diese

1) Tischer, Philos. Stud. I, 534. — Merkel, ebda. II, 88. Die von Hall und Hartwell erhaltenen Resultate (Mind. 1883) sind wahrscheinlich unrichtig; sie scheinen die Arbeiten von Tischer und Merkel nicht gekannt zu haben.

2) Der Schall wurde (wie in allen Fällen, wo die Reactionszeit für Schall zu messen war) hervorgebracht durch eine Steinkugel von 22 g Gewicht, welche aus einer Höhe von 23 cm auf die hölzerne Basis des Hipp'schen Fallapparates auffiel.

3) Der Raumersparniss wegen gebe ich in dieser, wie in einigen anderen Tabellen, nur das Gesammtmittel aus den mittleren Variationen der einzelnen Reihen (M. V.).

Zeit zu bestimmen, benutzte ich die beiden obengenannten Schlüssel, den Lippen- und Schallschlüssel. In beiden Fällen sagte der Reagirende so rasch als möglich nach dem Erscheinen des Lichtes »Jetzt!« und diese Bewegung der Sprachorgane brachte die Zeiger des Chronoskops in früher beschriebener Weise zum Stillstehen. Die Resultate dieser Versuche sind in der folgenden Tabelle angegeben. Sie zeigt, dass es ungefähr 30 σ mehr erfordert, die Reaction mit den Sprachorganen anstatt mit der Hand auszuführen.

Tabelle III.

	Schallschlüssel				Lippenschlüssel			
	B.		*C.*		*B.*		*C.*	
1885	*R*	*R'*	*R*	*R'*	*R*	*R'*	*R*	*R'*
3. IV.	164	167	177	176	199	199	172	171
	161	159	165	165	185	187	173	173
5. IV.	175	176	175	176	199	201	172	173
	170	168	175	172	189	186	177	177
7. IV.	168	168	157	159	166	165	185	176
M.	168	168	170	170	188	188	176	174
M. V.	19	10	16	10	11	6	13	8

Außer diesen beiden benutzte ich noch eine andere Methode, um die Dauer der Reaction mit den Sprachorganen zu bestimmen. Der Reagirende sagte nach dem Erscheinen des Lichtes so rasch als möglich »Jetzt!«; ein zweiter Reagirender öffnete, sobald er diesen Schall hörte, den Telegraphenschlüssel und brachte dadurch die Zeiger des Chronoskops zum Stillstehen. Die Uhr zeigte demnach eine doppelte Reactionszeit an, die des ersten Reagirenden mit den Sprachorganen auf Licht und die des zweiten Reagirenden mit der Hand auf Schall. Diese zweite Zeit können wir bestimmen; ziehen wir dieselbe von der ganzen Zeit ab, so erhalten wir die Reactionszeit für die Sprachorgane des ersten Reagirenden. Nimmt man das Mittel aus mehreren Reihen, so wird der Fehler sehr klein. Einer weiteren Anwendung dieser Methode werden wir weiter unten begegnen. Für den gegenwärtigen

Zweck wurde sie größtentheils ersetzt durch den Gebrauch des Lippen- und Schallschlüssels; es stellen sich indess bei Anwendung dieser Instrumente einige Schwierigkeiten ein, vorzüglich wenn man es mit ungeübten Personen, z. B. Kindern oder Wahnsinnigen zu thun hat. Die dritte Methode könnte ferner angewandt werden, um die Dauer der Reaction und ähnlicher Vorgänge bei Thieren zu bestimmen, und ebenso um die Dauer gewisser reflexer Vorgänge zu messen, bei denen die Bewegung schwer zu registriren ist. Ich gebe in Tab. IV die Resultate von 4 Reihen von Reactionen, die auf diese Weise angestellt sind, und bei denen Herr H. Wolfe die Schallreactionen ausführte.

Tabelle IV.

	B.				*C.*			
	R	*V*	*R'*	*V'*	*R*	*V*	*R'*	*V'*
7. I.	349	30	346	20	328	32	321	17
	330	37	332	23	327	24	326	14
30.	380	30	372	20	392	27	392	18
	357	32	349	19	393	25	393	16
M.	354	32	350	20	360	27	358	16

Wolfe's Reactionszeit für Schall betrug ungefähr 150 σ. Die am 30. Januar gemachten Reihen scheinen etwas lange Zeiten ergeben zu haben, die übrigen entsprechen dem Fall, wo die Bewegung der Sprachorgane direct registrirt wurde. Die Länge der Reactionszeit hängt von Bedingungen ab, die man in zwei Classen theilen kann, je nachdem sie sich auf den Sinnenreiz oder auf die reagirende Person beziehen. Bei den vorliegenden Versuchen war es eher meine Aufgabe, diese Fehlerquellen zu vermeiden als sie zu untersuchen. Ich benutzte daher immer dieselben Reize und immer dieselben Versuchspersonen. Die einzige variable Bedingung war der veränderliche Zustand der Versuchsperson, der im Wesentlichen abhing von den verschiedenen Graden der Aufmerksamkeit, Ermüdung und Uebung. Es erschien wünschenswerth, diese Bedingungen gründlich zu untersuchen, einmal weil sie Licht werfen auf die Natur der Gehirnprocesse, und zweitens weil wir, um die Genauigkeit unserer Resultate beurtheilen zu können,

erst wissen müssen, welchen Einfluss jene Bedingungen auf die Dauer der untersuchten Processe ausüben. Die eingehende Betrachtung dieses Gegenstandes kann ich am besten bis an das Ende der Abhandlung verschieben, es wird jedoch vortheilhaft sein, bevor wir weiter gehen. erst die Beziehung der Aufmerksamkeit zur Länge der Reactionszeit zu betrachten. Man hat gewöhnlich angenommen, dass die Länge der Reactionszeit von den verschiedenen Graden von Aufmerksamkeit in hohem Maße abhängig sei, und diese Annahme ist ganz natürlich, wenn der größte Theil der ganzen Reactionszeit von dem Apperceptions- und Willensprocesse in Anspruch genommen wird. Ist dagegen die Reaction durch Uebung automatisch geworden, so kann die Dauer nur wenig abhängig sein von der Anspannung der Aufmerksamkeit während der Reaction. Die Reactionszeit würde indess verlängert werden, wenn die Bedingungen derartig wären, dass sie es der Versuchsperson erschwerten, die Leitungsbahn und das motorische Centrum in Bereitschaft zu halten. Das einfachste Mittel, die Aufmerksamkeit abzulenken, besteht darin, dass man einen Schall hervorbringt, während die Reactionen zu machen sind. Ich ließ drei Metronome rasch schlagen und klingeln. Die Resultate der unter diesen Umständen angestellten Versuche mit Licht und Schall sind in der folgenden Tabelle angegeben.

Tabelle V.

	Licht				Schall			
	B.		*C.*		*B.*		*C.*	
	R	*R'*	*R*	*R'*	*R*	*R'*	*R*	*R'*
2. IV.	149	150	162	159	122	120	121	118
3.	159	159	146	147	124	127	120	119
	152	152	144	142	126	124	128	127
4.	146	148	162	161	132	131	137	138
5.	155	155	168	170	119	119	125	124
M.	152	153	156	156	125	124	126	125
M. V.	8	5	10	6	10	6	10	6

Vergleicht man diese Resultate mit den in Tab. I angegebenen, so sieht man, dass die Reactionszeit für Licht bei *B.* um 2, bei *C.* um

10 σ länger geworden ist. Diese Zuwüchse sind sehr unbedeutend; bei *B.* liegen sie innerhalb der Grenzen der natürlichen Variation. Die Reactionszeit für Schall war dieselbe, als wäre das störende Geräusch nicht da. Wundt[1]) fand, dass die Reactionszeit durch ein störendes Geräusch beträchtlich verlängert wurde; das lag wahrscheinlich daran, dass die Versuchspersonen noch nicht dazu gelangt waren, die Reaction automatisch zu machen. Außerdem wurde die Zwischenzeit zwischen dem vorbereitenden Signal und dem Reiz nicht annähernd constant gehalten, wie es in unseren Versuchen der Fall war. Die Versuche von Obersteiner[2]) sind nicht derart ausgeführt, dass sie genaue Resultate ergeben konnten.

Die Aufmerksamkeit kann noch mehr abgelenkt werden, wenn dem Gehirn, während die Reactionen zu machen sind, irgend eine andere Beschäftigung aufgetragen wird. Ein gutes Mittel, dies zu erreichen, besteht darin, dass man den Reagirenden möglichst rasch von irgend einer Anfangszahl ausgehend immer wieder 17 addiren lässt. Andererseits kann die Aufmerksamkeit in hohem Grade angespannt werden durch eine wirkliche Anstrengung von Seiten der Versuchsperson. Viele Experimentatoren scheinen das bei allen ihren Versuchen angestrebt zu haben; Exner z. B. sagt[3]), dass er vor Anstrengung geschwitzt, obgleich er ruhig auf seinem Stuhl gesessen habe. Bei meinen Versuchen wurde die Aufmerksamkeit in einem Zustand gehalten, welchen ich normal nennen werde; die Versuchsperson erwartete den Reiz und reagirte auf denselben, aber strengte ihre Aufmerksamkeit nicht an und beeilte sich nicht besonders. Wir unterscheiden demnach drei Grade von Aufmerksamkeit und bezeichnen sie als gespannt, normal und abgelenkt.

Die ersten Versuche über diesen Gegenstand wurden im Winter 1883—84 gemacht, bevor das Chronoskop richtig controlirt war; die absoluten Zeiten mögen also um ungefähr 10 σ zu groß oder zu klein sein, die relativen Zeiten sind aber richtig. Als Reize dienten das elektrische Licht einer Puluj'schen Röhre und ein Inductionsschlag von mäßiger Stärke auf den linken Unterarm. Bei diesen Versuchen wurden 15 Reactionen in einer Reihe ausgeführt und bei den corri-

1) Physiol. Psych. II, 243.
2) Brain 1879.
3) Hermann's Hdb. d. Physiol. 2. Bd. II, 287.

girten Reihen 5 weggelassen. Die Zahlen in der Tabelle sind Mittel aus 10 Reihen.

Tabelle VI.

gespannt				normal				abgelenkt			
R	*V*	*R'*	*V'*	*R*	*V*	*R'*	*V'*	*R*	*V*	*R'*	*V'*
12.—25. II. 1884.				*B.*				Licht			
189	15	187	8	201	17	197	9	245	28	242	13
C.											
158	17	156	10	132	16	133	9	153	19	151	10
27. II.—6. III. 1884				*B.*				Elektrischer Reiz			
160	13	161	7	165	12	164	7	190	16	189	9
C.											
147	14	147	8	150	15	150	9	184	21	184	11

Aehnliche Versuche wurden 1885 angestellt; als Reize dienten Tageslicht und Schall. Die in der folgenden Tabelle angegebenen Zeiten sind wie gewöhnlich aus 26 Reactionen genommen.

Tabelle VII.

	gespannt				normal				abgelenkt			
	R	*V*	*R'*	*V'*	*R*	*V*	*R'*	*V'*	*R*	*V*	*R'*	*V'*
	B. Licht											
27. II.	144	16	147	7	148	14	147	8	196	26	185	12
	131	11	130	8	160	13	162	8	186	26	183	19
28. II.	141	10	143	7	139	13	142	11	178	15	180	11
	137	8	139	4	161	15	163	9	179	16	179	10
	143	8	144	6	152	13	149	7	194	14	190	9
M.	139	11	141	6	152	14	153	9	187	19	183	12

	gespannt				normal				abgelenkt			
	R	*V*	*R'*	*V'*	*R*	*V*	*R'*	*V'*	*R*	*V*	*R'*	*V'*
	C.											
27. II.	149	13	150	9	146	10	144	7	166	12	167	7
	149	7	150	4	144	9	144	6	154	16	156	11
28. II.	146	8	144	5	149	9	149	6	157	13	159	8
	146	12	144	8	146	9	146	5	154	9	155	6
	140	8	139	5	144	9	143	6	163	14	160	9
M.	146	10	145	6	146	9	145	6	159	13	159	8
					B.				Schall			
2. II.	132	7	132	5	157	11	157	8	193	26	189	13
	129	6	129	5	158	19	149	8	188	28	191	19
3. II.	127	14	129	4	155	14	152	7	174	12	173	8
	123	9	122	6	147	10	145	6	169	24	163	17
4. II.	127	7	126	5	138	9	139	6	188	24	183	17
M.	128	9	128	5	151	12	148	7	182	23	180	15
	C.											
2. II.	129	12	126	8	145	10	140	6	166	18	162	12
	135	11	135	8	133	12	132	9	156	19	148	14
3. II.	125	12	127	6	141	11	140	8	158	15	161	9
	123	12	123	8	142	11	139	6	155	17	155	12
4. II.	131	11	126	8	136	10	133	5	157	15	153	9
M.	129	11	128	8	139	11	137	7	159	17	156	11

Ich stelle die Resultate dieser Versuche in der folgenden Tabelle noch einmal zusammen, indem ich die bei normaler Aufmerksamkeit gefundenen Zeiten gleich 0 setze.

Tabelle VIII.

	B.		*C.*	
Aufmerksamkeit	gesp.	abgel.	gesp.	abgel.
Elektrisches Licht	— 12	+ 44	+ 26	+ 21
Inductionsschlag	— 5	+ 25	— 3	+ 34
Tageslicht	— 13	+ 35	0	+ 13
Schall	— 23	+ 31	— 10	+ 20
M.	— 13	+ 34	+ 3	+ 22

Man sieht, dass, wenn das Gehirn anderweitig in Anspruch genommen ist, die Reactionszeit verlängert wird, wenn auch nicht bedeutend. Auf der anderen Seite ist die Zeit nur wenig kürzer, wenn die Versuchsperson sich sehr anstrengt, schnell zu reagiren, als wenn sie die Reaction bequem und natürlich ausführt. Diese Versuche unterstützen die Hypothese, dass die eingeübte Reaction ein automatischer Vorgang ist, welcher die Thätigkeit der Großhirnrinde nur in soweit in Anspruch nimmt, als dieselbe die Bewegung vorbereitet: Ein Nebengeräusch verursachte weder bei *B.* noch bei *C.* eine Störung, indem dasselbe offenbar nicht hinderte, die Theile des Gehirns, welche bei einer Reaction betheiligt sind, in Bereitschaft zu setzen. Wenn dagegen das Gehirn damit beschäftigt war, von einer Zahl aus immer wieder 17 zu addiren, so vermochte es die niederen Centra nicht so gut in Bereitschaft zu setzen, und die Reactionszeit wurde verlängert. Andererseits konnte eine besonders starke Anspannung des Willens die Reactionszeit nur wenig verkürzen, da sich die Leitungsbahn und das motorische Centrum auch ohne solche Anspannung schon im Zustande labilen Gleichgewichts befanden.

Es gibt noch einen anderen Weg, um die Aufmerksamkeit abzulenken. Bei der Bestimmung der Dauer normaler Reactionen folgte der Reiz ungefähr eine Secunde nach dem Signal, so dass sich die Gehirntheile in einen Zustand vollständiger Bereitschaft zu versetzen vermochten. Man könnte nun erwarten, das wir nicht im Stande wären, diese Theile sehr lange im Zustande labilen Gleichgewichts zu erhalten, und die Versuche zeigen, dass diese Annahme in der That richtig ist. Anstatt den Reiz immer $^3/_4$—$^5/_4$″ nach dem Signal wirken zu lassen, ließ ich die Pausen bis zu 2″ dauern und erhielt so die Resultate, welche die folgende Tabelle enthält.

Tabelle IX.

	B.				*C.*			
	R	*V*	*R′*	*V′*	*R*	*V*	*R′*	*V′*
27. II.	148	10	149	7	155	9	155	5
	136	9	139	6	147	11	148	6
28.	139	9	139	6	143	12	142	6
	156	10	154	6	157	11	158	7
4. IV.	146	16	145	10	162	12	159	8
M.	145	11	145	7	153	11	152	6

Die Zahlen zeigen, dass die Aufmerksamkeit, d. h. die Centra, welche in einen Zustand labilen Gleichgewichts versetzt sind, ungefähr 1″ lang in Spannung gehalten werden können. *B.*'s Zeit ist ein wenig kürzer als normal; das rührt wahrscheinlich daher, dass er seine Aufmerksamkeit mehr anspannte und trotz des größeren Intervalls die Centra genauer im Zustand labilen Gleichgewichts hielt. Andrerseits ist *C.*'s Zeit ein wenig länger, da die Anspannung der Aufmerksamkeit seine Zeiten nicht verkürzte, aber die längeren Pausen das Maximum der Bereitschaft beeinträchtigten. In gleicher Weise wurden die Pausen zwischen Signal und Reiz von dem Ablesenden beliebig zwischen normal und 15″ variirt. Derartige Versuche wurden sowohl mit Licht als mit Schall angestellt.

Tabelle X.

	Licht				Schall			
	B.		*C.*		*B.*		*C.*	
	R	*R'*	*R*	*R'*	*R*	*R'*	*R*	*R'*
27. II.	200	198	170	168	184	173	174	169
28. II.	204	196	164	164	176	173	167	166
	168	161			168	164	154	147
4. IV.	159	158	184	181	171	171	173	166
5. IV.	178	174	174	176	158	159	170	166
M.	182	177	173	172	171	168	168	163
M. V.	22	14	16	11	23	13	22	13

Man sieht, dass die Zeiten bedeutend länger sind als die normalen; ebenso ist die mittlere Variation größer[1]). Die ersten Reihen von *B.* ergaben besonders lange Zeiten; später lernte er sich den Bedingungen besser anzupassen. Alle diese Versuche zeigen, dass bei *C.* die Reac-

1) In zwei Fällen erhielt ich bei *B.*'s Reactionen auf Schall bemerkenswerthe Resultate. Ich ließ gegen das Ende der Reihen das Intervall zwischen Signal und Reiz regelmäßig und normal werden. *B.* merkte nicht, dass irgend eine Aenderung im Verfahren eingetreten war, aber seine Reactionszeit wurde nach den ersten zwei Versuchen um 40 σ kürzer. Die in Betracht kommenden Gehirntheile waren also, ohne dass er sich dessen bewusst wurde, in den gewöhnlichen höchsten Grad von labilem Gleichgewicht versetzt worden.

tion wahrscheinlich mehr automatisch geschieht als bei *B*. Gegen meine Erwartung scheint die Reaction auf Schall durch Ablenkung der Aufmerksamkeit mehr verlängert zu werden als die auf Licht, obwohl es doch weniger Anstrengung erfordert auf Schall zu reagiren (die Reaction scheint vielmehr ganz von selbst zu erfolgen), und obwohl wir wissen, dass es leicht ist, nach tactmäßigen Schalleindrücken Bewegungen auszuführen.

Ich machte weitere Versuchsreihen, bei denen wie gewöhnlich »Jetzt!« gesagt und das Chronoskop in Gang versetzt, aber der Lichtreiz nur in der Hälfte der Fälle hervorgebracht wurde. Dabei leitete mich der Gedanke, dass die Versuchsperson ihre Gehirncentra nicht in den höchsten Grad labilen Gleichgewichts versetzen könnte, weil sonst der Bewegungsimpuls auch in den Fällen abgesandt werden würde, wo kein Reiz hervorgebracht worden war. Die in der Tabelle gegebenen Mittel sind aus 13 resp. 10 Versuchen genommen, da nur bei der Hälfte der Versuche Zeiten gemessen wurden. Die hier hervorgebrachte Verzögerung ist verwandt mit der später zu betrachtenden Willenszeit.

Tabelle XI.

	B.				*C*.			
	R	*V*	*R'*	*V'*	*R*	*V*	*R'*	*V'*
27. II.	153	18	147	10	174	22	165	8
	148	10	148	6	166	18	160	8
28.	154	23	148	15	142	6	143	5
	165	20	157	10	154	12	156	6
	157	9	156	7	153	12	150	8
M.	155	16	151	10	158	14	155	7

Aus allen diesen Versuchen erkennen wir, dass gewöhnliche Grade von Aufmerksamkeit auf die Länge der Reactionszeit nur wenig Einfluss haben[1] [2]. Wir finden weiter Gründe, welche für unsere An-

1) G. Stanley Hall (Mind. No. XXX) maß die Reactionszeit zweier Personen in hypnotischem Zustande und fand, dass die eine längere, die andere kürzere Zeiten ergab als in normalem Zustande. Er nahm an, dass der Fall, in welchem die Zeiten kürzer waren, der typische wäre; da er weiter annimmt, »dass der beste Weg, die

nahme sprechen, dass, längere Uebung und annähernde Constanz der Zwischenzeit zwischen Vorbereitung und Reiz vorausgesetzt, Apperceptions- und Willensprocesse in der Reactionszeit nicht mehr enthalten sind. Es ist also nicht nothwendig, den Reiz wahrzunehmen, damit das motorische Centrum erregt werden kann, und der Willensact geht in diesem Falle bereits vor sich, ehe der Reiz ankommt, und besteht darin, dass er die in Betracht kommenden Theile des Gehirns in Bereitschaft setzt.

III. Die Unterscheidungszeit.

Die von Wundt[1]) zur Bestimmung dieser Zeit angewandte Methode besteht darin, dass er die Versuchsperson bei einer Art von Versuchsreihen möglichst rasch reagiren lässt, bei der anderen Art erst, wenn sie den Eindruck unterschieden hat; die Differenz der in beiden Fällen erhaltenen Resultate gibt die Unterscheidungszeit für den Eindruck. Ich selbst bin nicht im Stande gewesen, nach dieser Methode Resultate zu erhalten; vermuthlich führte ich entweder die Bewegung bereits früher aus, als ich den Eindruck unterschied, oder, wenn ich mich bemühte, das zu vermeiden, indem ich wartete, bis ich mir des Eindrucks klar bewusst war, so fügte ich zur einfachen Reaction nicht nur einen Unterscheidungs-, sondern auch noch einen Reflexionsact

---

Reactionszeit kleiner zu machen, in einer starken Anspannung der Aufmerksamkeit« bestehe, scheint er von der Ansicht auszugehen, als ob die kürzeren Zeiten, welche die Versuchsperson in hypnotischem Zustande lieferte, ein Beweis dafür wären, dass dieser Zustand auf größerer Anspannung der Aufmerksamkeit beruhe. Die Schlüsse, welche man aus den Versuchen ziehen sollte, sprechen aber gerade für das Gegentheil. Die Person lieferte in normalem Zustande außergewöhnlich lange Zeiten (338 σ); sie empfand also vielleicht erst den elektrischen Schlag und führte darauf die Bewegung durch einen willkürlichen Act aus. Wenn sie hypnotisirt war, war ihre Intelligenz mehr oder weniger paralysirt und die (immer noch lange) Reaction wurde mehr automatisch. Die Versuche mit dieser einen Person dienen also gerade dazu, die Annahme von Bain und Hammond zu unterstützen, dass im hypnotischen Zustande die Thätigkeit der Großhirnrinde aufgehoben sei, während Prof. Hall gerade sagt, dass sie diese Theorie »sicherlich nicht unterstützten«.

2) Ich glaube, dass oft Unregelmäßigkeiten in den Apparaten auf Rechnung der Aufmerksamkeit gesetzt worden sind.

1) Physiol. Psych. II, 247; Phil. Stud. I, 25 ff.

hinzu. Die zur Bestimmung der Unterscheidungszeit von Donders[1]) eingeführte und nach ihm von mehreren Anderen angewandte Methode besteht darin, dass man die Bewegung abhängig macht von der Art des Reizes. Donders, v. Kries und Auerbach und Andere haben angenommen, dass, wenn die Versuchsperson nur auf einen von zwei Eindrücken reagirte, dagegen keine Bewegung ausführte, sobald der andere Reiz einwirkte, zur einfachen Reaction nur eine Unterscheidung hinzutrete. Das ist indess, wie Wundt[2]) klar nachgewiesen hat, nicht der Fall; denn, wenn man einen Eindruck unterschieden hat, so muss man sich entscheiden, ob man eine Bewegung ausführt oder nicht. Ich nehme an, dass bei der von uns eingeschlagenen Methode bei einer einfachen Reaction die Bewegung automatisch erfolgt. Wenn jedoch Lichteindrücke von verschiedener Farbe (z. B. roth und blau) benutzt werden und nur bei blau die Hand gehoben werden soll, so kann der Beewegungsimpuls nicht eher nach der Hand gesandt werden, als bis die Versuchsperson weiß, dass das Licht blau ist. Ich halte es bei der von uns eingeschlagenen Methode für unmöglich, der einfachen Reaction eine Unterscheidung hinzuzufügen, ohne dass zugleich eine Wahlzeit hinzutritt. Wir können indess die Natur der Unterscheidung ändern, ohne zugleich die Wahlzeit zu verändern, und können so mit ziemlicher Genauigkeit wenigstens die relative Länge der Unterscheidungszeit untersuchen.

Das Object, welches vom Gesichtssinn am raschesten unterschieden wird, ist ein einfacher Lichteindruck. Um die hierzu erforderliche Zeit zu bestimmen, nahm ich zwei Cartons, von denen der eine ganz schwarz war, der andere auf schwarzem Grunde eine weiße Fläche trug.[3]) Einer von den Cartons wurde, ohne dass der Reagirende wusste, welcher es war, von dem Ablesenden in die Haltefedern des Fallchronometers gesteckt und dann das Uhrwerk in Gang gesetzt. Der Reagirende fixirte den grauen Punkt auf dem Schirme, welcher sich unmittelbar vor der Mitte der weißen Fläche befand, unterbrach

---

1) De Jaager, De Psychologische Tijd bij psychische processen, Utrecht, 1865. — Donders, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1868.

2) Physiol. Psych. II, 251. — Phil. Stud. I, 32.

3) Bei meinen ersten Versuchen war die weiße Fläche 3 cm lang und 3 mm hoch, später wurde eine etwas größere Fläche benutzt, was aber auf die Länge der Zeiten keinen Einfluss zu haben schien.

mit der linken Hand den Strom und ließ den Schirm fallen.[1]) Der Carton erschien an der fixirten Stelle, und in demselben Augenblick wurde der Uhrstrom geschlossen. Der Reagirende sah an der fixirten Stelle entweder nichts oder eine weiße Fläche. Im zweiten Fall hob er seine Hand so rasch als möglich, im ersten ließ er den Schlüssel geschlossen, und die Uhrzeiger bewegten sich weiter, bis der Ablesende das Uhrwerk anhielt. Jede Reihe umfasste 26 Versuche, das weiße Licht kam darunter 13mal vor. Da nur im letzteren Falle Zeiten gemessen wurden, so sind in der folgenden und den späteren Tabellen dieses Abschnittes die Mittel nur aus 13 Versuchen (die corrigirten Mittel aus 10) genommen. Es ist ersichtlich, dass, wenn der Reagirende sich bemüht, die Reaction möglichst schnell auszuführen, er leicht die Hand heben kann, auch wenn der Eindruck nicht da ist. Wenn das oft vorkommt, sind die gemessenen Zeiten nicht richtig, sondern zu kurz. Größere Fehler dieser Art würden sich aber an dem Eintreten falscher Reactionen in der Versuchshälfte, wo kein Lichteindruck stattfand und daher die Reaction unterbleiben soll, verrathen müssen. In den vorliegenden Versuchen kamen solche falsche Reactionen kaum vor, außer wenn der Reagirende gestört war, oder wenn die zu unterscheidenden Eindrücke einander sehr ähnlich waren (z. B. bei Unterscheidung von Buchstaben die Zeichen *E* und *F*). Im ersten Falle wird der Mittelwerth nicht ernstlich beeinflusst, da es ebenso wahrscheinlich ist, dass die Reactionen gegen den richtigen Werth zu groß als dass sie zu klein geworden sind. Im zweiten Falle lässt sich annehmen, dass die von mir angegebene Methode, einen corrigirten Mittelwerth anzugeben, alle vorzeitigen Reactionen ausschließt. Ich gebe übrigens in den Tabellen die Zahl der falschen Reactionen mit an,[2]) was v. Kries und Auerbach, Merkel u. A. unterlassen haben.

Die Tabelle XII gibt die Zeitdauer an für die Unterscheidung einer weißen Fläche und die darauf folgende Reaction. Die einfache

---

1) Bei den ersten Versuchen Tabelle XVII, XXII und XXVII ließ der Ablesende, später ließ der Reagirende selbst mit der linken Hand den Schirm fallen, weil er so genauer den Augenblick wusste, wo der Reiz erscheinen musste, also weniger lange aufmerksam zu sein brauchte.

2) Die unter F. R. (Tab. XV ff.) gegebenen Zahlen sind nicht etwa Mittel, sondern geben die Gesammtzahl der falschen Reactionen an, welche in den darüber in derselben Spalte angeführten Reihen der Tabelle überhaupt vorgekommen sind.

Reactionszeit für *B.* und *C.* beträgt ungefähr 150 σ. Demnach ist (indem ich, wenn auch nicht ohne Bedenken, annehme, dass die schon in der einfachen Reaction vorkommenden Vorgänge hier wie dort dieselbe Zeit erfordern) die Zeit, welche nach dem Eintritt des Nervenimpulses in das Gehirn vergeht, bis eine Lichtempfindung entsteht, und bis weiterhin ein Willensimpuls vorbereitet und nach dem motorischen Centrum gesandt ist, für *B.* 61, für *C.* 95 σ. Wir dürfen wohl annehmen, dass die Zeit des centripetalen und centrifugalen Fortschreitens durch das Gehirn ungefähr dieselbe ist. Setzen wir dann ferner voraus, dass die für die centralen Vorgänge gebrauchte Zeit ungefähr zu gleichen Theilen auf die Unterscheidung des Lichteindrucks und auf die Vorbereitung des Bewegungsimpulses zu rechnen ist (auf alle Fälle ist die ganze Zeit so kurz, dass wir hierbei keinen bedeutenden Fehler begehen können), so würde die Unterscheidungszeit für Licht, wenn die Art desselben nicht unterschieden zu werden braucht, für *B.* gleich 30, für *C.* gleich 50 σ, und die Wahlzeit würde in diesen und ähnlichen Versuchen ebenso groß sein.

Tabelle XII.

	B.				*C.*			
	R	*V*	*R'*	*V'*	*R*	*V*	*R'*	*V'*
14. I.	203	8	203	6	239	14	246	7
19.	217	18	213	12	219	13	217	10
20.	222	22	222	15	226	13	226	9
31.	234	35	217	11	238	13	241	10
2. II.	219	21	214	13	215	16	217	11
	214	30	206	18	216	12	219	7
3.	207	20	203	7	256	20	254	10
25. III.	239	28	234	21	250	19	253	15
	212	19	205	6	263	22	259	9
31.	215	34	205	15	244	16	248	9
	189	13	186	6	245	10	242	7
	191	16	189	7	251	11	252	5
	183	12	185	8	246	17	242	12
2. VII.	213	13	212	7	262	7	262	4
4.	209	13	210	8	251	11	251	6
M.	211	20	207	11	241	14	242	9

In ganz derselben Weise wurde die Reaction mit den Sprachorganen ausgeführt. Sobald die weiße Fläche erkannt war, sagte der Reagirende »Jetzt!« und die Zeiger des Chronoskops wurden mit Hülfe des Lippen- und Schallschlüssels zum Stillstehen gebracht. War die weiße Fläche nicht da, so blieb der Reagirende stumm, und die Zeiger bewegten sich weiter, bis der Ablesende das Uhrwerk anhielt.

Tabelle XIII.

	Schallschlüssel				Lippenschlüssel			
	B.		*C.*		*B.*		*C.*	
	R	*R'*	*R*	*R'*	*R*	*R'*	*R*	*R'*
3. IV.	246	241	282	281	236	241	276	275
4.	255	247	302	308	241	246	281	276
5.	234	237	274	268	233	235	256	250
	247	244	264	264	243	248	263	263
7.	248	246	274	268	244	245	256	256
M.	246	243	279	278	239	243	266	264
M. V.	20	11	18	12	14	9	18	12

Wir haben gesehen, dass die Dauer des in der einfachen Reaction enthaltenen Bewegungsvorganges größer ist, wenn eine einfache Reaction mit den Sprachorganen, als wenn sie mit der Hand ausgeführt wird. Nun ist kein Grund vorhanden, warum die Unterscheidungs- und Wahlzeit, die man durch Subtraction der einfachen Reaction (Tab. III) von der hier gemessenen Zeit findet, nicht dieselbe sein soll, als wenn die Reaction mit der Hand ausgeführt wird. Berechnen wir aus den mit Lippen- und Schallschlüssel gemachten Versuchen den Mittelwerth, so erhalten wir in der That für *B.* 65, für *C.* 100 σ, was mit den mit der Hand ausgeführten Versuchen sehr gut übereinstimmt.

Wenn wir statt der zwei schwarzen Cartons, auf deren einem sich eine weiße Fläche befand, zwei weiße Cartons benutzen, auf deren

einem eine schwarze Fläche aufgeklebt ist, und die Versuchsperson nur auf den schwarzen Eindruck reagiren lassen, so sind die Bedingungen im Wesentlichen dieselben; die Apperception mag vielleicht ein wenig mehr Zeit erfordern, die Wahlzeit ist voraussichtlich dieselbe. Die Resultate von Experimenten dieser Art sind in der folgenden Tabelle enthalten.

Tabelle XIV.

	B.				*C.*			
	R	*V*	*R'*	*V'*	*R*	*V*	*R'*	*V'*
6. I.	250	20	253	15	236	21	233	16
14.	227	19	226	7	236	13	234	10
19.	245	21	249	13	231	14	230	8
20.	215	20	212	14	244	12	243	7
31.	227	10	227	7	246	21	241	13
M.	233	18	233	11	239	16	236	11

Befestigen wir an Stelle des Schwarz irgend eine andere Farbe auf dem weißen Carton, so wird die Unterscheidung vielleicht etwas schwieriger, da es nicht ganz so leicht ist, zu sehen, ob z. B. gelb oder schwarz vorhanden ist, die Wahlzeit aber bleibt voraussichtlich dieselbe. In einer Reihe von Versuchen (welche in der Tabelle XV links angegeben sind) wurde nur eine Farbe auf einmal benutzt, in einer zweiten Reihe (welche in der Tabelle rechts steht) 10 Farben in der Weise, dass der Reagirende nicht wusste, welche Farbe kommen würde, sie aber auch nicht zu unterscheiden brauchte, bevor er die Reactionsbewegung ausführte. Es brauchte also ein wenig längere Zeit, zu erkennen, dass eine Farbe da war (auch wenn die Farbe nicht unterschieden zu werden brauchte), als dass weiß da war. Es ist noch zu bemerken, dass *B.*'s Zeiten 1885 kürzer waren als 1884.

Tabelle XV.

		B.		*C.*			*B.*		*C.*	
		R	*R'*	*R*	*R'*		*R*	*R'*	*R*	*R'*
orange	22. XII.	291	296	258	261	22. XII.	289	293	245	237
violett		262	269	251	255		260	254	259	263
schwarz		250	253	236	233		263	255	250	253
rosa	6. I.	268	263	270	266	6. I.	238	242	245	240
braun	7.	295	290	267	263	7.	278	282	241	244
grau	9.	291	280	267	265	9.	234	237	276	277
roth	10.	277	282	264	265	2. II.	230	230	232	229
blau		265	263	284	279		219	223	242	237
grün		262	264	268	268		229	219	245	244
gelb		264	262	280	286		230	228	254	257
M.		272	272	264	264		247	246	249	248
M. V.		20	13	18	13		25	17	24	17
F. R.		1		0			0		2	

Weiter bestimmten wir die Apperceptionszeit, wenn die Farbe unterschieden werden muss. Wir betrachteten zwei Fälle: einmal wurden die Farben paarweise genommen und eine Farbe von der zweiten unterschieden, im andern Falle war jede Farbe aus 10 Farben heraus zu erkennen. Mit blauem und rothem elektrischen Licht (das Licht der oben erwähnten Puluj'schen Röhre durch gefärbte Gläser gesehen) erhielt ich als Apperceptions- und Wahlzeit für *B.* 75, für *C.* 109 σ.[1]) Bei den meisten meiner Versuche, nämlich bei allen, welche

1) Dies sind die einzigen von den in diesem Abschnitt beschriebenen Versuchen, welche schon von anderen Beobachtern gemacht worden sind. Donders (Arch. f. Anat. u. Physiol. 1868) fand die Zeit gleich 184 σ, Wundt (Physiol. Psych. II, 251) gleich 210 bis 250 σ, v. Kries u. Auerbach, welche unter der Leitung von Helmholtz arbeiteten (Arch f. Anat. und Physiol 1877), gleich 12 und 34 σ. Die von den letzteren gefundenen Zeiten muss ich anzweifeln; sie scheinen mir zu kurz zu sein, als dass sie richtig sein könnten. Ich weiß nicht, wo der Fehler liegt, da die Versuche augenscheinlich mit großer Sorgfalt angestellt sind, aber die einfachen Reactionen sind sehr lang und die Reactionen mit Unterscheidung und Wahl sehr kurz. Die letzteren mögen zu kurz gemacht worden sein durch häufiges Vorkommen von vor-

mit Hülfe des Fallchronometers angestellt wurden, benutzte ich Tageslicht, welches von einer farbigen Fläche reflectirt wurde, weil dies den gewöhnlichen Bedingungen unseres Sehens am meisten entspricht. Roth und blau oder grün und gelb wurden paarweise genommen, die farbige Fläche war 3 mm hoch und 30 mm breit. Die in der Tabelle gegebenen Zahlen sind Mittel aus 6 Reihen.

Tabelle XVI.

		B.				*C.*			
		R	*V*	*R'*	*V'*	*R*	*V*	*R'*	*V'*
27. XI.—2. XII.	roth	278	22	272	11	322	40	324	26
	blau	287	19	280	17	291	24	288	16
1.—5. XII.	grün	268	26	265	18	313	32	312	21
	gelb	276	26	273	16	297	31	300	20
	M.	277	23	272	15	306	32	306	21
	F. R.	2				8			

Ferner wurden 10 Farben paarweise genommen (wie in der Tabelle durch Trennungslinien angedeutet) und die Zeit bestimmt, welche man braucht, um eine Farbe von einer anderen zu unterscheiden. Wenn wir aus den in Tabelle XVI und XVII gegebenen Zahlen noch

---

zeitigen Reactionen (die Zahl der falschen Reactionen ist nicht angegeben); auf alle Fälle halte ich die Methode jener Experimentatoren, die Mittel zu berechnen, für bedenklich, da sie im Weglassen von Reactionen ziemlich willkürlich verfahren. Sie geben nicht an, wieviel Versuche sie in einer Reihe ausgeführt haben, aber aus den im Anhange gegebenen Musterreihen finden wir, dass in einer Reihe 22 Reactionen benutzt wurden, in einer anderen, wo Licht zu unterscheiden war, nur 9, so dass wir annehmen dürfen, dass in der letzten Reihe mehr als die Hälfte der Versuche weggelassen ist. Berechnet man aus den von ihnen benutzten Reactionen die mittlere Variation, so findet man, dass sie 6 σ beträgt (also nach meiner Ansicht kleiner ist als der mittlere Fehler ihrer Registrirvorrichtung); die mittlere Reaction der entsprechenden Reihen einfacher Reactionen (bei deren Berechnung auch Versuche weggelassen sind) ist 12 σ, also größer als bei der Unterscheidung, was allen Erfahrungen anderer Beobachter widerstreitet.

einmal das Gesammtmittel berechnen und davon die Reactionszeit und die von uns angenommene Wahlzeit subtrahiren, so finden wir, dass *B.* 100, *C.* 110 σ braucht, um eine Farbe von einer anderen zu unterscheiden.

Tabelle XVII.

		B.				*C.*			
		R	*V*	*R'*	*V'*	*R*	*V*	*R'*	*V'*
22. XII.	orange	308	21	309	11	316	47	299	21
	violett	258	23	262	15	289	16	297	8
	schwarz	267	35	262	26	278	16	275	9
6. I.	rosa	288	19	284	14	302	26	303	18
7.	braun	308	20	294	15	340	31	323	16
9.	grau	283	12	287	6	397	80	367	31
10.	roth	278	22	272	11	322	40	324	26
	blau	287	19	280	17	291	24	228	26
	grün	268	26	265	18	313	32	312	21
	gelb	276	27	273	16	297	31	300	20
	M.	282	22	279	15	314	34	303	20
	F. R.	1				5			

In den zunächst anzugebenden Versuchsreihen bestimmte ich die Zeit, die man braucht, um eine Farbe von 9 anderen zu unterscheiden, was wir als gleichbedeutend mit der wirklichen Erkennungszeit einer Farbe betrachten können. Die Resultate von 10 Reihen, in denen die Bewegung mit der Hand, und von 5 Reihen, in denen sie mit den Sprachorganen ausgeführt war, sind in der folgenden Tabelle angegeben.

Wir erhalten so als Zeit der Erkennung einer Farbe für *B.* 105, für *C.* 117 σ; oder 5 und 7 σ länger, als wenn eine Farbe von einer zweiten zu unterscheiden ist, und um 26 und 41 σ länger, als wenn nur unterschieden werden soll, dass überhaupt eine Farbe da ist.

Tabelle XVIII.

		B.				C.			
		R	*V*	*R'*	*V'*	*R*	*V*	*R'*	*V'*
		Hand							
17. XII.	roth	317	19	310	10	341	31	340	20
	grün	298	19	291	10	330	31	338	22
	grau	302	29	295	20	316	33	319	22
18.	blau	289	28	276	9	316	7	315	3
	gelb	260	12	261	9	317	24	310	14
	schwarz	283	22	284	14	289	15	293	9
19.	orange	309	51	290	23	285	20	279	12
	violett	302	16	299	11	312	34	308	24
	braun	318	12	314	8	313	30	313	18
	rosa	293	30	282	12	312	22	305	12
	M.	297	24	290	13	313	25	312	16
	F. R.	1				4			
		Schallschlüssel							
17. II.	roth	306	35	297	18	359	25	360	19
19.	grün	293	11	289	7	360	12	364	7
21.	schwarz	286	34	279	17	306	16	311	11
24.	violett	271	30	265	22	309	20	304	14
26.	braun	296	18	291	11	359	46	347	32
	M.	290	26	284	15	339	24	337	17

Die (mit der Hand ausgeführten) in Tabelle XVIII angegebenen Resultate wurden bei Beginn der ganzen Untersuchung gewonnen; die Versuche wurden wiederholt, nachdem wir 4 Monate lang fortwährend Uebung gehabt hatten, und dann wiederum nach einer Pause von 3 Monaten. Die Resultate stehen in der folgenden Tabelle XIX.

Tabelle XIX.

		B.		*C.*			*B.*		*C.*	
		R	*R'*	*R*	*R'*		*R*	*R'*	*R*	*R'*
roth	4. IV.	244	237	294	287	2. VII.	283	267	292	286
grün		247	239	311	309	4.	247	252	277	278
grau	7.	270	258	283	279	31.	264	257	325	314
blau		246	246	273	275		253	257	286	279
gelb	8.	290	249	304	302		245	245	267	264
M.		259	246	293	290		258	256	289	284
M. V.		35	13	16	10		30	17	24	15
F. R.		5		2			0		0	

Uebung verkürzte also die Unterscheidungs- und Wahlzeit ungefähr um 30 σ für *B.* und 20 σ für *C.*, und diese Verkürzung blieb bestehen, wenn man längere Zeit hindurch keine Uebung hatte.

Tabelle XX.

	B.				*C.*			
	R	*V*	*R'*	*V'*	*R*	*V*	*R'*	*V'*
3. II.	261	31	260	18	268	12	266	11
27. III.	234	21	228	12	235	23	229	11
1. IV.	205	37	194	23	261	32	255	25
	230	38	220	25	251	24	255	19
	206	18	208	6	277	23	281	16
M.	227	29	222	17	258	23	257	16

Nach denselben Methoden fand ich die Zeit, die man braucht, um einen Buchstaben zu erkennen. Meine Experimente sollten die

Zeitdauer solcher Vorgänge bestimmen, welche fortwährend in unserem Gehirn vorkommen; die gewählten Buchstaben sind daher solche, wie wir sie gewöhnlich zu lesen bekommen (von der Größe, in welcher dies gedruckt ist). Für größere Buchstaben ist die Zeit etwas kürzer. Bei den ersten Versuchen, welche hierher gehören, brauchte der Buchstabe nicht erkannt zu werden, man musste nur wissen, dass ein Buchstabe da war; die Bedingungen sind also dieselben wie bei den ersten Versuchen (Tabelle XV) mit Farben.

B. braucht also (wenn wir dieselben Annahmen machen wie früher) 47, *C.* 58 σ, um zu sehen, dass ein kleines Object sich auf dem weißen Carton befindet.

Der nächste Fall ist der, wo einer von zwei Buchstaben von dem anderen zu unterscheiden war; dabei wurden A und Z als Reize benutzt; die Mittel sind aus 6 Reihen berechnet.

Tabelle XXI.

		B.				*C.*			
		R	*V*	*R'*	*V'*	*R*	*V*	*R'*	*V'*
4.—10. XII.	A	315	26	319	16	327	31	323	18
	Z	330	31	325	21	348	29	348	21
	M.	322	28	322	18	337	30	335	19
	F.R.	3				5			

B. brauchte also 142, *C.* 137 σ, um einen Buchstaben von einem zweiten zu unterscheiden, resp. 45 und 31 σ länger, als um eine Farbe von einer anderen zu unterscheiden.

Wir kommen nun zur Betrachtung der Zeit, welche man braucht, um einen Buchstaben von allen übrigen zu unterscheiden, d. h. der Zeit, welche man braucht, um einen Buchstaben zu erkennen. Es ist das ein Vorgang, mit welchem unser Gehirn fortwährend zu thun hat; die dazu erforderliche Zeit ist daher von besonderem Interesse. Wenn

z. B. die Zeit für die einzelnen Buchstaben verschieden ausfällt, so ist es von der größten praktischen Wichtigkeit, die Buchstaben, welche die meiste Zeit erfordern, um gelesen zu werden, so abzuändern, dass diese Zeit kürzer wird. Wenn es 20 σ länger braucht, um E, als um ein anderes Schriftzeichen zu erkennen, welches man an seiner Stelle gebrauchen könnte, z. B. Δ, so ist es erstaunlich, wie viel Zeit vergeudet und wie viel unnöthige Anstrengung dem Auge und Gehirn aufgebürdet wird. Ich habe eine große Zahl von Versuchsreihen veröffentlicht,[1]) welche die Zeit bestimmen, wie lange ein in reflectirtem Tageslichte gesehener Buchstabe auf die Netzhaut wirken muss, um erkennbar zu werden. Diese Versuche zeigen, dass die einzelnen Buchstaben durchaus nicht gleich gut lesbar sind; unter 270 Versuchen wurde W 241mal richtig gelesen, E nur 63mal. In diesem Falle war die ganze Zeit (der Einwirkung auf die Netzhaut) kurz, 1—1,5 σ, und der Unterschied der Zeit für die einzelnen Buchstaben entsprechend klein. Wenn wir indess die ganze Zeit bestimmen, welche man braucht, um den Buchstaben zu erkennen, so dürfen wir erwarten, dass wir die Zeit für einen einfachen und deutlichen Buchstaben beträchtlich kleiner finden werden als für einen complicirten und leicht zu verwechselnden,[2]) ebenso wie die Zeit für eine Farbe kürzer ist, als für einen Buchstaben. Versuche dieser Art wurden sowohl mit der Hand als mit den Sprachorganen angestellt. Bei den letzteren tritt indessen eine kleine Complication ein, da wir nicht sicher sein können, dass eine Differenz in den für die einzelnen Buchstaben gefundenen Zeiten nur auf die Unterscheidungszeit zurückzuführen ist, denn es wäre möglich, dass die zur Benennung der verschiedenen

1) Philos. Stud. II; Brain No. XXXI.

2) Es war mir nicht möglich, die Apperceptionszeit für verschiedene Alphabete und für die einzelnen Buchstaben genau und endgültig zu bestimmen. Bei meinen Versuchen konnten die verschiedenen Buchstaben nicht wohl in derselben Reihe vorkommen, und außerdem wurden nur in der Hälfte der Versuche Vorgänge gemessen. Da der Unterschied der Zeiten gering ist und die Variation der Reihen verhältnismäßig groß, muss eine große Anzahl von Versuchen gemacht werden, bevor man mit Sicherheit den Unterschied der Zeiten für die einzelnen Buchstaben angeben kann. Das ist indess nicht nur ein Gegenstand von wissenschaftlichem Interesse, sondern auch von großer praktischer Bedeutung; es ist daher zu hoffen, dass er von einigen Experimentatoren unabhängig von einander gründlich untersucht wird.

Buchstaben, d. h. für die verschiedenen Bewegungen der Sprachorgane, erforderliche Zeit eine verschiedene ist. Diese Differenz der Zeiten konnte indess nur sehr klein sein, da der Reagirende vorher wusste, welcher Buchstabe zu nennen war, so dass eine Wahl zwischen verschiedenen Bewegungen nicht in Frage kam, wie dies bei den Versuchen des nächsten Abschnitts der Fall sein wird. Die folgenden Tabellen geben Resultate, welche zu verschiedenen Zeiten erhalten wurden.

Tabelle XXII.

		B.				*C.*			
		R	*V*	*R'*	*V'*	*R*	*V*	*R'*	*V'*
		Hand							
11. XII.	B	358	25	354	18	342	28	346	17
12.	Z	345	24	350	18	370	33	353	20
	A	327	31	314	14	337	22	342	16
16.	M	338	36	345	20	329	15	324	7
	E	360	31	345	9	343	28	326	9
17.	S	333	22	326	11	341	25	338	17
	P	339	24	332	14	329	32	318	18
	T	330	29	320	16	323	30	330	18
18.	O	293	19	297	11	302	25	301	18
	L	338	15	339	10	350	37	333	16
	M.	336	26	332	14	337	27	331	16
	F. R.	5				4			
		Schallschlüssel							
17. II.	A	330	27	337	17	406	16	401	11
19.	M	336	36	332	30	410	29	412	17
21.	E	308	36	310	22	359	35	354	28
24.	P	311	22	307	13	321	13	325	8
26.	O	303	21	307	16	380	33	372	27
	M.	318	28	319	20	375	25	373	18
	F. R.	1				1			

Tabelle XXIII.

	Hand					Sprachorgane				
		B.		*C.*			*B.*		*C.*	
		R	*R'*	*R*	*R'*		*R*	*R'*	*R*	*R'*
A	13. I.	309	312	323	328	15. I.	288	295	338	332
B	12.	307	311	353	350	13.	348	353	362	363
C	17.	304	306	319	322	17.	307	310	333	325
D		342	309	332	341		320	324	346	354
E	14.	328	334	341	345	15.	333	345	340	330
F	17.	322	324	358	344	20.	307	310	317	321
G		326	321	331	327		309	308	311	309
H	19.	323	320	320	317		305	308	338	333
I		294	293	295	301		271	275	296	290
J		329	326	299	288	21.	342	338	330	335
K		330	335	305	297		334	334	315	314
L	14.	296	304	302	299	29.	320	302	357	353
M	13.	311	316	320	322	15.	342	330	373	366
N	20.	318	317	333	330	21.	318	321	323	328
O	14.	263	266	292	288	13.	315	319	355	352
P		288	284	337	326	29.	321	324	338	339
Q	20.	317	315	315	319	21.	312	314	312	302
R		311	313	322	317		334	340	322	315
S	14.	285	281	327	332	15.	318	325	313	313
T		319	295	310	305	29.	318	315	366	363
U	20.	310	298	329	331	24.	320	320	335	331
V	22.	322	330	334	330		324	327	333	338
W		278	283	338	332		312	314	343	345
X		315	297	349	341		292	297	362	366
Y		303	307	341	337		318	313	339	339
Z	12.	323	319	347	345	13.	350	343	331	324
M.		310	308	326	324		318	319	336	334
M. V.		22	15	22	14		22	14	25	16
F. R.		13		13			18		4	

Tabelle XXIV.

		B.		*C.*			*B.*		*C.*	
		R	*R'*	*R*	*R'*		*R*	*R'*	*R*	*R'*
B	5. IV.	275	262	321	319	31. VII.	307	308	304	306
Z	6.	272	273	310	301		313	314	311	303
A		276	281	292	288	2.	295	295	309	302
M	7.	293	291	302	306	4.	298	299	307	306
E	8.	316	316	337	331		313	306	315	319
M.		286	285	312	309		305	304	309	307
M. V.		25	16	20	13		22	14	26	18
F. R.		2		3			0		0	

Dieselben zeigen eine Verkürzung der Zeiten durch die Uebung; nehmen wir die mittlere Tabelle, welche die meisten Versuche enthält, und deren Zeiten ungefähr das Mittel aus allen drei Tabellen darstellen, so finden wir, dass die Unterscheidungszeit für einen großen Buchstaben (von der vorliegenden Druckgröße) für *B.* 119, für *C.* 116 σ beträgt. Die Zahl der Versuche, aus denen die in den Tabellen enthaltenen Resultate berechnet wurden, ist sehr groß, aber doch nicht groß genug, um die Zeit für die einzelnen Buchstaben endgültig zu bestimmen; wenn ich indess aus den vier Reihen, welche mit der Hand auf E und M gemacht sind, das Mittel nehme, so finden wir, dass *B.* 19, *C.* 22 σ länger braucht, um E, als um M zu erkennen. Die Reihenfolge für die 5 Buchstaben, mit denen je 4 Reihen gemacht waren, ist MAZBE, was (die Stellung von Z ausgenommen) mit der a. a. O. mitgetheilten nach der Lesbarkeit (d. h. der für die Einwirkung auf die Netzhaut erforderlichen Zeit) geordneten Reihenfolge übereinstimmt. Aehnliche Versuche wurden mit kleinen Buchstaben angestellt, die Resultate stehen in der folgenden Tabelle. Es scheint hiernach, dass die Unterscheidungszeit für große und kleine (lateinische) Buchstaben ungefähr dieselbe ist, was abermals mit den früher nach einer ganz anderen Methode angestellten Versuchen übereinstimmt. [1]

1) Philos. Stud. II, 4. — Mind XXX.

Tabelle XXV.

	Hand					Sprachorgane				
		B.		*C.*			*B.*		*C.*	
		R	*R'*	*R*	*R'*		*R*	*R'*	*R*	*R'*
b	5. I.	301	306	314	306	22. I.	313	317	327	321
z		307	298	324	325		305	300	336	322
a	7.	316	320	327	320	23.	330	328	313	309
m		310	312	311	313		310	304	313	315
e	12.	337	342	356	356		331	321	330	322
s		322	325	368	359		297	290	338	343
p	13.	323	320	341	337	28.	345	345	370	372
t		311	310	319	315		305	300	346	342
o	14.	293	290	306	304		299	299	335	332
l		303	300	306	304		311	314	344	339
M.		312	312	327	324		315	312	335	332
M. V.		19	13	28	19		20	11	25	16
F. R.		4		8			7		2	

Wir kommen nun zur Betrachtung der Unterscheidungszeit für Wörter, messen also einen Vorgang, welcher im Gehirn fortwährend vorkommt. Es wurden 26 Wörter genommen, der Reagirende hob die Hand nur, wenn ein bestimmtes von ihm erwartetes Wort erschien. Die so bestimmte Apperceptionszeit ist die Zeit, welche man braucht, um ein Wort von den 25 anderen zu unterscheiden. Die Zeit ist ein wenig länger, wenn man ein Wort von anderen zu unterscheiden hat, welche ihm der Form nach sehr ähnlich sind, z. B. hand und band. Wir dürfen nicht vergessen, dass die Apperception kein scharf definirter Vorgang ist. Wie ich gezeigt habe, erkennen wir, dass ein Buchstabe da ist, bevor wir erkennen, welcher es ist. Ebenso braucht es eine weitere Zeit, bis der Buchstabe mit allen seinen Einzelheiten erkannt ist, bis man z. B. sehen kann, ob er unvollkommen gedruckt ist, u. dergl. Die folgenden Tabellen enthalten die Resultate von Versuchen mit englischen und deutschen Wörtern.

Tabelle XXVI.

		Hand					Sprachorgane			
		B.		*C.*			*B.*		*C.*	
		R	*R'*	*R*	*R'*		*R*	*R'*	*R*	*R'*
mind	12. XII.	353	352	337	329	13. I.	360	366	374	364
life	15.	348	351	373	377		366	367	363	365
time	16.	333	330	375	372	15.	311	312	371	366
house		377	366	383	389		331	324	355	361
child		345	343	328	339	17.	347	341	370	375
year	18.	353	359	369	360		337	336	354	358
truth		352	329	376	367	29.	302	311	360	353
name		341	339	392	393		313	315	374	380
light	19.	332	328	327	323		325	332	372	372
ship		318	313	336	332		294	302	340	340
M.		345	341	360	358		329	331	363	363
M. V.		24	13	26	17		23	12	28	20
F. R.		2		4			7		0	
education	5. I.	331	331	346	348	17. I.	349	345	382	386
philosophy		330	322	349	354		347	351	376	377
knowledge	7.	341	337	366	360	22.	353	348	329	319
architecture		377	375	382	377		357	355	336	340
literature	10.	339	320	363	354	23.	333	332	377	382
temperance		341	333	399	404		339	330	377	376
ignorance		300	297	380	369		325	319	378	382
physician		325	329	380	375	26.	339	333	351	346
enthusiasm	12.	334	337	405	409		353	349	409	400
imagination		321	317	384	375		342	337	395	391
M.		334	330	375	373		344	340	371	370
M. V.		25	16	28	19		23	15	27	17
F. R.		8		8			6		9	
Buch	24. I.	290	294	367	363	23. I.	315	318	359	355
Zahl		309	311	380	378		310	319	370	378
Kunst		307	309	369	374		310	314	362	352
Welt		308	307	361	353		308	305	362	362
Haus	26.	295	292	354	353	24.	299	297	339	344
Licht		324	323	354	359		330	329	356	350
Kind		323	323	377	380		303	308	352	356
Land	29.	309	307	363	365	26.	316	321	373	365
Traum		321	316	377	376		324	325	368	373
Jahr		319	318	365	368		321	325	374	378
M.		311	310	367	367		314	316	362	361
M. V.		14	9	20	13		17	12	31	20
F. R.		6		5			10		7	

Tabelle XXVII.

		Hand						Schallschlüssel			
		B.		*C.*				*B.*		*C.*	
		R	*R'*	*R*	*R'*			*R*	*R'*	*R*	*R'*
6. IV.	mind	266	269	312	306	14. II.	mind	311	307	380	391
	life	302	292	340	340	19.	life	338	333	400	409
7.	time	307	303	325	330	24.	child	319	326	360	364
	house	299	296	321	317		truth	317	318	339	345
8.	child	282	284	327	322	26.	ship	320	326	361	367
	M.	291	289	325	323			321	322	368	375
	M. V.	18	10	22	14			27	19	25	16
	F. R.	5		0				3		4	

Die Tabellen ergeben uns als Unterscheidungszeit für kurze englische Wörter bei *B.* 132, bei *C.* 141 σ, für kurze deutsche Wörter 118 und 150 σ, für lange englische Wörter 154 und 158 σ. Die Zeit ist also ein wenig (bei *B.* um 22, bei *C.* um 17 σ) kürzer für kurze als für lange Wörter. Wie ich schon in einem früheren Aufsatze gezeigt habe, kann ein Wort schneller erkannt werden, wenn es der Muttersprache, als wenn es einer fremden Sprache angehört. *B.* brauchte bei den hier angegebenen Versuchen zu den deutschen Wörtern 14 σ weniger als zu den englischen, *C.* zu den englischen 9 σ weniger als zu den deutschen.

Man bemerkt, dass die Unterscheidungszeit für ein Wort nur wenig länger ist, als für einen einzelnen Buchstaben. Wir fassen also die Buchstaben, welche ein Wort bilden, nicht jeden für sich, sondern das Wort als Ganzes auf. Die Folgerungen hieraus, welche für den Leseunterricht von Kindern von Nutzen sind, sind leicht zu ersehen; ich habe bereits früher die Aufmerksamkeit auf diesen Punkt gelenkt.[1])

1) Philos. Stud. II, 4; III, 1. — Brain No. XXXI. — Mind XXX.

Die einzige neue Unterscheidungszeit, welche wir noch zu betrachten haben, ist die für Bilder. Die Zeit, welche man braucht, um das deutliche Bild eines Baumes zu erkennen, ist ungefähr dieselbe, welche man braucht, um einen Baum selbst zu erkennen; es ist das also ein Process, wie er in unserem Gehirn tagtäglich vorkommt. Ich hatte 26 Bilder von gewöhnlich vorkommenden Gegenständen, Baum, Hand, Schiff etc. gezeichnet, ungefähr 1 qcm groß. Die Methode, die Unterscheidungszeit zu finden, war dieselbe, wie vorher.

Tabelle XXVIII.

		B.				*C.*			
	Bild von	*R*	*V*	*R'*	*V'*	*R*	*V*	*R'*	*V'*
		Hand							
12. II.	Uhr	262	23	249	15	295	21	292	14
	Schiff	264	19	268	13	324	31	320	16
	Auge	271	17	266	11	313	24	316	9
20. III.	Hand	297	20	294	15	282	37	266	10
	Baum	246	12	244	7	296	28	302	23
	Vogel	289	28	297	15	310	43	291	10
	Fisch	290	19	293	17	301	23	294	13
	Blatt	267	12	265	9	321	31	317	26
24.	Hut	270	28	277	22	306	21	312	10
	Schuh	283	17	286	12	341	23	346	18
	M.	274	19	274	14	309	28	306	15
	F. R.	8				8			
		Schallschlüssel							
17. II.	Uhr	308	32	302	14	364	44	357	34
19.	Auge	341	30	336	25	408	40	408	25
21.	Baum	283	27	276	17	374	32	361	17
24.	Fisch	309	38	315	22	304	23	296	15
26.	Hut	305	42	296	24	367	59	348	36
	M.	309	34	305	20	363	40	354	25
	F. R.	2				2			

Wir sehen also, dass die Unterscheidungszeit für Bilder und Gegenstände, die wir im täglichen Leben fortwährend vor Augen haben, für *B.* 96, für *C.* 117 σ beträgt, also ungefähr eben so groß ist, wie für eine Farbe, und kürzer als für ein Wort.

IV. Die Wahlzeit.

Bei den im vorigen Abschnitt beschriebenen Versuchen war die auszuführende Bewegung immer dieselbe und die dazu erforderliche Zeit immer ungefähr gleich. Bei den Versuchen des vorliegenden Abschnittes ist dagegen die Art der Bewegung abhängig von der Art des wirkenden Reizes. In Folge dessen ist der Apperceptionsprocess ein anderer als im vorhergehenden Abschnitt. Dort erwartete der Reagirende einen bestimmten Eindruck und sah nach, ob er da war oder nicht; bei den jetzt zu beschreibenden erwartete der Reagirende keinen bestimmten Eindruck und hatte, bevor er reagirte, sowohl den Eindruck zu erkennen als die entsprechende Bewegung zu wählen. Man könnte erwarten, dass im letzteren Falle der Vorgang schwieriger und seine Zeitdauer dem entsprechend länger sein werde —, die Versuche zeigen indessen, dass die Differenz der Zeiten höchstens sehr klein sein kann.

Versuche nach dieser Methode wurden zuerst von Donders[1]) und nach ihm von einer Zahl anderer Experimentatoren angestellt, in der Weise, dass die Versuchsperson die rechte Hand zu heben hatte, wenn z. B. ein rothes, die linke Hand, wenn ein blaues Licht erschien. Unter Wundt's Leitung hat Merkel[2]) diese Methode weiter ausgedehnt, indem er bei jedem von 10 verschiedenen Eindrücken einen anderen Finger hob. Meine ersten Versuche (im Winter 1883—1884 mit elektrischem Licht gemacht) waren ähnlich denen der früheren Experimentatoren und ergaben als Wahlzeit zwischen 2 Bewegungen für *B.* 125, für *C.* 168 σ; später benutzte ich das Fallchronometer, welches mir gestattete, statt des elektrischen Lichtes Tageslicht zu benutzen, das von einer farbigen Fläche reflektirt wurde. Der Uhrstrom ging durch zwei Telegraphenschlüssel; der Reagirende hielt den einen

1) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1868.
2) Philos. Stud. II, 1.

mit der linken, den andern mit der rechten Hand geschlossen. In derselben Versuchsreihe wurden je zwei Farben benutzt, entweder roth und blau, oder grün und gelb; auf roth und grün wurde mit der rechten, auf blau und gelb mit der linken Hand reagirt. Jede Zahl gibt den Mittelwerth aus 6 Reihen (in den uncorrigirten Reihen 78, in den corrigirten 60 Versuchen) an.

Tabelle XXIX.

		B.				*C.*			
		R	*V*	*R'*	*V'*	*R*	*V*	*R'*	*V'*
27. XI.—2. XII.	roth	291	27	289	18	342	39	322	32
	blau	296	27	296	18	332	25	320	22
1.—5. XII.	grün	289	25	286	17	354	32	351	18
	gelb	303	28	306	20	334	34	332	23
	M.	295	27	294	18	340	32	331	24
	F. R.	9				3			

Nehmen wir aus den für die vier Farben gefundenen Zeiten das Mittel und subtrahiren davon die einfache Reactionszeit, so finden wir, dass *B.* 145, *C.* 190 σ braucht, um die Farbe zu erkennen und sich für die zugeordnete Bewegung zu entscheiden. Vergleichen wir diese Zahlen mit den im vorigen Abschnitt (Tabelle XVI) gegebenen, so ergibt sich, dass *B.* 18, *C.* 34 σ weniger braucht zur Ausführung einer vorher bestimmten, als zur Ausführung einer gewissen Bedingungen unterworfenen Bewegung.[1])

1) Der geringe Unterschied der Zeiten wird Manchem überraschend erscheinen, aber die psychischen Vorgänge sind nicht so sehr verschieden in den beiden Fällen. Sie sind Willküracte, wenn sie zum ersten Male ausgeführt werden (die Zeiten sind dann viel länger); wenn sie aber oft wiederholt werden, so werden sie automatisch. Im ersten Falle wird, sobald man erkannt hat, dass das Licht roth ist, ein Impuls von der Großhirnrinde nach dem Centrum für Zuordnung von Bewegungen gesandt und der Bewegungsimpuls ausgelöst, welcher die Hand hebt; im zweiten Falle wird, sobald man erkannt hat, ob das Licht roth oder blau ist, ein der Farbe des Lichtes entsprechender Impuls nach dem motorischen Centrum gesandt und ein

Ganz ähnlich war die Methode, welche auf Buchstaben angewandt wurde; die Versuchsperson hob die rechte Hand, wenn A, die linke, wenn Z da war. Die in der folgenden Tabelle gegebenen Zahlen sind wieder Mittel aus je 6 Reihen.

Tabelle XXX.

		B.				*C.*			
		R	*V*	*R'*	*V'*	*R*	*V*	*R'*	*V'*
4.—10. XII.	A Z	328 339	27 23	324 336	18 15	379 382	42 34	370 379	30 22
	M.	333	25	330	16	380	38	374	26
	F. R.	8				3			

Vergleichen wir diese Resultate mit den in Tabelle XXI gefundenen, so ergibt sich, dass für die Wahl zwischen zwei Bewegungen eine Zeit hinzutritt bei *B.* von 11, bei *C.* von 43 σ, Zahlen, welche mit den für Farben gefundenen gut übereinstimmen.

Bei den meisten meiner Versuche wurde die dem Reiz entsprechende Bewegung mit den Sprachorganen ausgeführt. Ich glaube, dass die hier gefundene Zeit von ganz besonderem Interesse ist, da wir fortwährend in der Lage sind, ein Wort lesen, eine Farbe nennen zu müssen etc. Hier haben wir außerdem eine unbeschränkte Menge von Eindrücken und von denselben entsprechenden Bewegungen zur Verfügung.

Bei den zunächst zu betrachtenden Versuchen wurden wieder zwei Eindrücke angewandt. Der Reagirende wusste nicht, welcher

---

Bewegungsimpuls nach der rechten oder linken Hand geschickt, je nachdem das Licht roth oder blau war. Die Bewegung der rechten Hand wird mit der Empfindung des rothen Lichtes, und ebenso die Bewegung der linken Hand mit der des blauen Lichtes so eng associirt, dass der Vorgang in hohem Grade automatisch werden kann. Wenn die Versuchsperson längere Zeit in dieser Weise reagirt hat, wird es sehr schwer, die Association zu vertauschen und etwa die rechte Hand zu heben, wenn blau einwirkte.

zu nennen war, nannte aber denjenigen, welcher wirkte, möglichst rasch, nachdem er ihn erkannt hatte. Die Bewegung wurde mit Hülfe des Schallschlüssels registrirt. Diese Versuche sind eine weitere Ausführung der in Tabelle XVIII, XXII, XXVII und XXVIII gegebenen. Bei diesen machte der Reagirende eine festgesetzte Bewegung, d. h. er benannte ein erwartetes Object, sobald er sah, dass es wirklich da war; bei den jetzt zu beschreibenden musste die passende Bewegung ausgewählt werden, nachdem der Eindruck unterschieden war. Die Beziehung zwischen beiden Arten ist genau dieselbe, als wenn in beiden Fällen die Bewegung mit der Hand ausgeführt wird; der einzige Unterschied ist, dass wir gewöhnt sind, einer bestimmten Farbe blau den Namen blau zu geben, so dass diese Association bereits vorhanden ist, wogegen die Association zwischen einer Bewegung der linken Hand und blau erst zum Zweck der Experimente gebildet wird. In den Tabellen sind die Eindrücke paarweise zusammengenommen, wie durch Trennungslinien angegeben ist. Wie gewöhnlich wurden 26 Versuche in einer Reihe gemacht, 13 mit jedem von beiden Eindrücken; die Mittelwerthe sind demnach aus 13 Versuchen, die corrigirten Mittel aus 10 Versuchen berechnet.

Tabelle XXXI.

		B.		*C.*				*B.*		*C.*	
		R	*R'*	*R*	*R'*			*R*	*R'*	*R*	*R'*
17. II.	A	346	353	439	440	19. II.	mind	339	332	432	435
	Z	338	341	398	390		life	294	298	406	401
19.	B	366	366	415	420	21.	time	296	305	379	382
	M	338	332	435	434		house	285	291	368	363
21.	E	326	321	384	383	24.	child	355	350	410	415
	S	300	294	391	386		year	361	364	409	411
24.	P	354	352	387	382		truth	303	297	392	390
	T	350	341	436	429		name	329	324	397	399
26.	O	292	296	425	421	26.	light	333	339	421	424
	L	323	308	412	408		ship	294	298	396	395
	M.	333	330	412	409			319	320	401	401
	M. V.	24	17	28	19			24	16	21	14

		B.		C.				B.		C.	
		R	R′	R	R′			R	R′	R	R′
17.II.	roth	342	329	472	479	17. II.	Uhr	350	343	458	447
	blau	317	322	441	447		Schiff	376	387	424	422
19.	grün	303	298	484	474	19.	Auge	369	367	495	488
	gelb	309	301	499	502		Hand	346	333	455	445
21.	schwarz	347	354	386	382	21.	Baum	340	336	455	459
	rosa	298	305	394	376		Vogel	343	339	451	447
24.	violett	293	288	395	370	24.	Fisch	337	345	382	376
	orange	276	270	433	441		Blatt	333	339	430	424
26.	braun	323	325	421	431	26.	Hut	336	344	407	412
	grau	331	337	453	446		Schuh	346	342	415	403
	M.	314	313	438	435			348	347	437	432
	M. V.	27	18	41	46			31	20	44	31

Vergleichen wir diese Resultate mit den in Tabelle XVIII, XXII, XXVII und XXVIII gegebenen, so ergeben sich als hinzutretende Wahlzeiten die Werthe der folgenden Tabelle.

Tabelle XXXII.

	B.	C.
Buchstaben	+ 15	+ 37
Wörter	— 2	+ 33
Farben	+ 24	+ 99
Bilder	+ 39	+ 74

Diese Tabelle zeigt einen auffallenden Unterschied zwischen den beiden Reagirenden. Bei den Reactionen mit der Hand sahen wir bereits, dass bei *B.* eine kleinere Wahlzeit hinzukam, wenn er die Wahl zwischen zwei Bewegungen auszuführen hatte, als bei *C.* Noch auffallender ist diese Differenz, wenn die Bewegung mit den Sprachorganen auszuführen war. Die Tabelle ist ferner interessant, insofern sie einen Unterschied ergibt zwischen Buchstaben und Wörtern einer-

seits und Farben und Bildern andrerseits. Die Association zwischen einem gedruckten Buchstaben oder Wort und seinem Namen erfordert weniger Zeit und ist folglich eine engere als zwischen einer Farbe oder einem Bild und dem zugehörigen Namen. Das erscheint uns erklärlich, da die erstere Association viel häufiger geübt ist; jedoch würde ich es a priori nicht vorausgesehen haben, da die Association zwischen einer Farbe oder einem Gegenstand und dem zugehörigen Namen gebildet ist, schon lange bevor wir lesen lernen.

In den nunmehr zu beschreibenden Versuchen wurde anstatt zweier Eindrücke und zweier entsprechender Bewegungen eine große Zahl von Eindrücken genommen und jedesmal der, welcher vorkam, vom Reagirenden benannt. In diesem Falle bestimmen wir die Zeit, die man braucht, um einen Eindruck, z. B. ein Wort, zu erkennen und zu benennen. Im vorigen Abschnitt haben wir annähernd die Zeit bestimmt, welche man braucht, um ein Object zu erkennen. Die Differenz beider Zeiten gibt uns daher die Zeit, welche man braucht, um ein Object zu benennen.

Zunächst ermitteln wir die Zeit für Erkennung und Benennung eines Buchstaben. Benutzt wurden alle 26 Buchstaben des großen lateinischen Alphabetes, und zwar kam jeder in jeder Reihe einmal vor. Nachdem wir 13 Reihen gemacht hatten, wurden für die einzelnen Buchstaben die Mittelwerthe berechnet, so dass wir die Mittel aus je 13 Versuchen mit demselben Buchstaben erhielten; daraut wurden die Reihen in der gewöhnlichen Weise corrigirt, indem die drei Reactionen ausgelassen wurden, welche vom corrigirten Mittelwerthe am meisten abwichen. Da die einzelnen Versuche mit demselben Buchstaben verschiedenen Zeiten angehören, finden wir die mittlere Variation größer als gewöhnlich. Die Tabelle gibt die Resultate, einerseits mit dem Schallschlüssel, andrerseits wenn ein zweiter Reagirender die registrirende Bewegung ausführte.

Tabelle XXXIII.

	Mit einem zweiten Reagirenden. 9.—30. I.						Schallschlüssel. 5.—19. II.					
	B.			*C.*			*B.*			*C.*		
	R	*V*	*R'*	*R*	*V*	*R'*	*R*	*V*	*R'*	*R*	*V*	*R'*
A	398	25	405	458	43	440	430	18	396	462	38	476
B	444	30	436	471	53	457	414	26	406	418	30	413
C	466	36	477	450	22	453	417	29	417	421	28	424
D	421	18	417	454	31	454	394	51	400	412	15	411
E	400	11	402	445	9	447	396	30	397	425	28	424
F	432	31	434	442	21	446	405	30	412	414	26	420
G	453	31	446	483	24	474	402	48	395	427	14	426
H	435	20	441	423	13	417	356	20	352	429	26	422
I	395	26	403	433	25	429	394	24	394	449	36	451
J	408	29	417	473	44	472	399	42	410	417	21	415
K	432	18	438	474	34	463	395	25	401	415	27	409
L	412	20	418	463	47	457	393	22	397	427	34	423
M	421	44	400	435	16	425	389	21	395	418	26	422
N	429	38	419	453	19	460	384	32	390	415	36	422
O	410	15	404	440	32	436	395	19	392	411	15	409
P	459	64	442	462	23	455	392	19	398	395	15	393
Q	446	28	461	480	22	469	428	34	438	413	22	418
R	422	20	435	462	20	469	385	28	389	443	18	446
S	431	33	431	471	38	479	391	27	394	412	22	410
T	425	25	432	446	34	454	398	36	390	414	18	409
U	428	22	434	461	47	471	391	22	396	439	14	441
V	463	32	450	465	29	461	383	20	378	428	26	423
W	421	42	405	485	16	481	353	26	364	435	24	432
X	465	46	471	452	25	460	381	31	388	405	29	412
Y	433	20	446	501	26	493	405	44	415	458	33	463
Z	431	12	432	499	37	507	393	19	392	426	22	421
M.	430		431	461		459	395		396	424		424
M. V.		28	14		29	16		29	19		25	17

Wir erkennen daraus, dass der Reagirende ungefähr 0,4″ braucht, um einen Buchstaben zu erkennen und zu benennen (d. h. zu lesen). Man kann hier die Resultate, welche ich in einem früheren Hefte dieser Studien [1]) mitgetheilt habe, zum Vergleich heranziehen. Ich bestimmte dort nach zwei verschiedenen Methoden die Zeit, welche man braucht, um Buchstaben zu erkennen und zu benennen. Bei den

1) II, 4.

meisten von diesen Versuchen konnte der Reagirende, während er einen Buchstaben las, bereits beginnen, den folgenden (oder die folgenden) zu erkennen, so dass sich die Processe überdeckten und die Zeiten kürzer wurden, für *B.* gleich 279, für *C.* 224 σ. Die Zeiten wurden noch weiter verkürzt (*B.* 196, *C.* 89 σ), wenn die Buchstaben Wörter bildeten. Warum *B.*'s Zeit unter diesen Umständen länger ist als *C.*'s., dagegen kürzer, wenn ein einzelner Buchstabe zu erkennen und zu benennen war, vermag ich nicht anzugeben. Wir fanden im vorigen Abschnitt, dass *B.* 119, *C.* 116 σ brauchte, um einen Buchstaben zu erkennen; nehmen wir also an, dass die Unterscheidungszeit in beiden Fällen dieselbe ist, so sehen wir, dass *B.* 143, *C.* 176 σ braucht, um den Namen zu finden, welcher zu einem Buchstaben gehört. Es muss hinzugefügt werden, dass in späteren Reihen diese Zeit für *B.* beträchtlich kürzer wurde.

Es wurden ferner Reihen mit großen deutschen Buchstaben ausgeführt. Die Zeit fand sich lang, besonders für *C.*, wie Tabelle XXXIV zeigt.

Tabelle XXXIV.

	B.				*C.*			
	R	*V*	*R'*	*V'*	*R*	*V*	*R'*	*V'*
14. II.	423	36	420	23	554	63	538	32
16.	446	30	439	18	573	58	549	33
18.	377	30	382	20	531	60	519	38
23.	363	34	357	23	464	30	461	21
25.	369	31	389	24	507	33	510	20
M.	396	32	397	22	526	49	515	29
F. R.	3				1			

In gleicher Weise wurden ein-, zwei- und dreistellige Zahlen benutzt. Zahlen von mehr als drei Stellen nahm ich nicht, da ich befürchtete, dass sie nicht als Ganzes aufgefasst und gelesen werden möchten.

Tabelle XXXV.

	1 stellige				2 stellige				3 stellige			
	R	*V*	*R'*	*V'*	*R*	*V*	*R'*	*V'*	*R*	*V*	*R'*	*V'*
						B.						
30. III.	318	14	317	9	357	26	358	16	413	39	417	20
2. IV.	316	28	312	16	344	18	343	10	381	25	377	15
M.	317	21	314	12	350	22	350	13	397	32	397	17
						C.						
30. III.	390	28	397	18	424	32	423	22	476	31	503	24
2. IV.	418	24	419	13	460	39	460	21	502	39	499	24
M.	404	26	408	15	442	35	441	21	489	35	501	24

B. braucht also 33, *C.* 38 σ länger, um eine zweistellige Zahl, als um eine einstellige zu erkennen und zu benennen, und ferner braucht *B.* 47, *C.* 47 σ länger zu einer dreistelligen als zu einer zweistelligen Zahl.[1])

Die Zeit, welche man braucht, um ein Wort zu erkennen und zu benennen, wurde genau auf dieselbe Weise bestimmt. Versuche wurden angestellt mit langen und kurzen deutschen und englischen Wörtern, und zwar wurden von jeder Art 26 genommen. Bei den kurzen Wörtern machte ich 13 Reihen und fand die Zeit für die einzelnen Wörter in derselben Weise, wie bei den Buchstaben. Bei den langen Wörtern machte ich nur je 5 Reihen (130 Versuche) und berechnete die Zeit für die einzelnen Wörter nicht. Die Resultate sind in den folgenden Tabellen enthalten.

---

1) Vgl. die von Friedrich, Philos. Stud. I, 60, angegebenen Resultate.

Tabelle XXXVI.

	B.		*C.*			*B.*		*C.*	
5.—25. II.	*R*	*R'*	*R*	*R'*	5.—26. II.	*R*	*R'*	*R*	*R'*
bond	393	397	407	405	Baum	367	367	423	423
cause	395	394	423	428	Berg	382	385	414	417
chair	398	390	415	411	Bild	366	365	428	424
child	396	385	414	411	Brief	367	362	444	440
death	397	399	410	405	Buch	377	381	441	443
earth	405	414	409	406	Ding	380	379	432	435
fact	358	355	389	385	Fluss	356	362	425	424
faith	374	367	388	379	Form	350	354	407	409
force	359	362	371	373	Gold	378	385	452	450
head	366	368	367	362	Haus	326	322	405	403
house	366	367	385	388	Jahr	362	354	455	454
king	393	389	414	408	Kind	392	401	444	450
life	388	394	430	424	Kunst	397	400	456	461
light	396	394	418	414	Land	381	386	440	441
love	386	375	409	404	Licht	363	379	441	441
mind	421	426	422	418	Mann	396	403	447	439
name	402	401	405	410	Nacht	401	392	451	447
plan	395	390	388	396	Recht	333	327	446	445
ship	380	384	385	390	Stadt	399	402	451	449
slave	407	413	409	402	Stern	417	413	436	432
song	385	387	387	389	Theil	375	370	430	424
style	431	435	435	442	Tisch	381	385	446	449
time	381	388	411	408	Traum	366	372	453	454
truth	380	372	426	424	Volk	348	346	429	428
world	381	370	411	408	Welt	341	340	447	445
year	393	384	415	412	Zahl	374	381	459	469
M.	389	388	405	404		372	374	439	438
M. V.	30	20	21	14		25	18	22	14

Tabelle XXXVII.

	Große Englische Wörter.				Große Deutsche Wörter.			
	B.		*C.*		*B.*		*C.*	
	R	*R'*	*R*	*R'*	*R*	*R'*	*R*	*R'*
14. II.	493	484	451	450	419	409	501	498
16.	481	475	490	488	451	454	533	527
18.	447	440	451	457	424	418	507	500
23.	391	383	430	434	379	370	433	432
25.	391	378	431	431	381	376	473	475
M.	441	432	451	452	411	405	489	486
M. V.	37	21	20	13	31	20	24	15

Eine Betrachtung der Tabellen lehrt uns, dass es längere Zeit erfordert (bei englischen Wörtern für *B.* 52, für *C.* 46 σ, bei deutschen resp. 39 und 46 σ), um ein langes Wort, als um ein kurzes zu erkennen und zu benennen. In beiden Fällen wurde natürlich der Anfang der Bewegung registrirt, so dass die zum Aussprechen des Wortes nöthige Zeit nicht in Betracht kommt. Weiter erfahren wir, dass es (für kurze Wörter bei *B.* um 17, bei *C.* um 34 σ, für lange Wörter resp. um 30 und 38 σ) längere Zeit erforderte, um ein Wort einer fremden Sprache zu erkennen und zu benennen, als ein solches der Muttersprache. Ich habe bereits früher Versuche über diesen Gegenstand veröffentlicht,[1]) wo der Unterschied noch viel größer war, weil man den Vortheil hatte, dass sich mehrere Wörter zu gleicher Zeit im Blickfelde befanden, was natürlich von um so größerem Einflusse ist, je bekannter die Sprache. Wenn wir diese Versuche mit denen des letzten Abschnittes vergleichen, so finden wir, dass, um ein einsilbiges Wort aus der Muttersprache zu erkennen, *B.* 104, *C.* 114 σ braucht, also *B.* 39, *C.* 62 σ weniger, als um einen Buchstaben zu benennen. Das ist nicht überraschend, da wir Wörter sehr viel häufiger lesen als einzelne

1) Philos. Stud. II, 4. — Mind XXX.

Buchstaben, so dass bei ihnen die Association zwischen der Vorstellung und dem Namen enger ist und weniger Zeit erfordert.

Dieselbe Methode diente dazu, die Erkennungs- und Benennungszeit für Farben zu bestimmen. Die 10 benutzten Farben kamen 2—3 mal in jeder Reihe, im Ganzen 13 mal vor, und es wurden daraus die mittleren Zeiten für die einzelnen Farben berechnet. Die Tabelle gibt die Zeiten an, welche mit dem Schallschlüssel, sowie mit Hülfe eines zweiten Reagirenden gefunden sind. Die Farben sind so aufgeführt, dass diejenigen voranstehen, welche (im Mittel aus allen Versuchen) in kürzerer Zeit benannt wurden.

Tabelle XXXVIII.

	Mit einem zweiten Reagirenden 9.—30. I.						Schallschlüssel 5.—25. II.					
	B.			*C.*			*B.*			*C.*		
	R	*V*	*R'*	*R*	*V*	*R'*	*R*	*V*	*R'*	*R*	*V*	*R'*
blau	551	47	530	633	40	643	443	56	438	518	34	515
grün	535	59	539	663	25	658	433	36	440	539	29	532
roth	503	37	491	638	46	658	492	57	504	576	61	559
schwarz	641	82	618	589	34	583	473	41	464	515	54	505
gelb	574	33	563	660	17	656	481	70	490	588	54	575
rosa	614	105	615	714	62	699	503	75	485	614	92	578
violett	621	52	613	688	73	659	552	56	558	603	32	611
grau	568	57	586	860	119	841	447	63	426	714	91	697
braun	641	104	630	978	130	990	532	83	515	625	85	603
orange	669	56	659	910	122	876	584	96	566	718	76	730
M.	592	63	584	733	67	726	494	63	489	601	61	591
M. V.			39			42			42			38

Diese Resultate sind bemerkenswerth. Im vorigen Abschnitt sahen wir, dass die Apperceptionszeit für Farben (da sie einfachere Eindrücke sind) kürzer ist, als für Buchstaben oder Wörter; jetzt finden wir, dass es verhältnismäßig viel längere Zeit braucht (für *B.* 286, für 400 *C.* σ), um eine Farbe zu benennen. Besonders war dies im Anfange und für gewisse Farben der Fall. Die Farbe wurde zwar mit Leichtigkeit erkannt, aber es machte große Schwierigkeit, den

Namen zu finden (besonders bei *C.*). Die Farben, welche man im täglichen Leben am häufigsten sieht und benennt, roth, gelb, grün, blau, schwarz, wurden mit größerer Leichtigkeit und in entschieden kürzerer Zeit (bei *B.* um 61, bei *C.* um 150 σ) benannt als rosa, braun, grau, violett und orange; bei den letzteren wurde aber die Zeit durch die Uebung sehr verkürzt.

Die 26 bereits beschriebenen Bilder wurden in derselben Weise erkannt und (von *B.* deutsch, von *C.* englisch) benannt; die für die einzelnen Bilder gefundenen Zeiten sind in der folgenden Tabelle enthalten.

Tabelle XXXIX.

	Bild von	*B.*		*C.*			*B.*		*C.*	
		R	*R'*	*R*	*R'*		*R*	*R'*	*R*	*R'*
14.—26. II.	Anker	489	463	552	535	Scheere	447	453	558	558
	Auge	496	476	500	503	Schiff	445	438	493	486
	Baum	457	449	524	517	Schirm	466	472	567	556
	Beil	469	454	526	513	Schuh	437	430	492	493
	Bild	475	486	587	574	Schlüssel	477	467	561	560
	Blatt	497	497	578	567	Stern	481	488	496	498
	Blume	495	479	568	586	Stuhl	498	510	539	534
	Fisch	462	454	497	487	Tisch	486	496	544	547
	Flasche	489	479	572	561	Uhr	461	462	567	562
	Glas	480	466	585	596	Vogel	515	507	569	566
	Hand	484	476	500	490					
	Hut	419	415	454	446					
	Kanne	499	486	612	600	M.	477	472	545	541
	Kreuz	485	470	586	591					
	Licht	493	494	563	552					
	Mond	496	504	588	587	M. V.	46	30	40	25

Im vorigen Abschnitt fanden wir, dass Bilder (und man darf wohl annehmen, auch die durch sie dargestellten Objekte) ungefähr dieselbe Unterscheidungszeit erfordern wie Farben. Wir finden jetzt, dass sie auch ungefähr in derselben Zeit (bei *B.* in 251, bei *C.* in 278 σ) benannt werden können als die am häufigsten vorkommenden Farben. Der Unterschied der für die verschiedenen Bilder gefundenen Zeiten ist beachtenswerth. Sowohl *B.* als *C.* nannten das Bild eines Hutes in der kürzesten Zeit, *B.* brauchte die längste, um »Vogel« und »Kanne«, *C.* um »Kanne« und »Mond« zu nennen. Es ist eine inte-

ressante Thatsache, dass man das Bild eines Stuhles schneller erkennen kann, als das Wort »Stuhl«, dass es aber mehr als 0,1″ länger braucht, um es zu benennen.

Wir haben so die Zeit gefunden, welche man braucht, um Objekte zu erkennen und zu benennen, mit denen wir fortwährend in Berührung kommen. Unsere Versuche bezogen sich nicht auf künstliche Processe oder Dinge, welche außer dem Bereich unsrer natürlichsten Interessen liegen. Wenn, wie es wahrscheinlich der Fall ist, im Laufe der Entwickelung die molekularen Bestandtheile des Nervensystems empfindlicher werden, so können wir annehmen, dass auch die Zeiten, welche wir zu unseren geistigen Processen brauchen, kürzer werden. Es würde daher von großem Interesse sein, Versuche wie die vorliegenden mit Leuten von verschiedener Race, sowie auch von verschiedenem Alter, Geschlecht, verschiedener Beschäftigung u. s. w. anzustellen.

In der folgenden Tabelle stelle ich die Resultate der vorigen Versuche noch einmal kurz zusammen. Ich gebe dieselben hier nicht bis auf 0,001″ genau an, sondern in abgerundeten Werthen.

Tabelle XL.

	B.	*C.*
Einfache Lichtreaction	150	150
Erkennungszeit für Licht	30	50
» » eine Farbe	90	100
» » ein Bild	100	110
» » einen Buchstaben	120	120
» » ein (kurzes) Wort	120	130
Benennungszeit für Farben	280	400
» » Bilder	250	280
» » Buchstaben	140	170
» » Wörter	100	110

V. Einfluss der Aufmerksamkeit, Ermüdung und Uebung auf die Dauer psychischer Processe.

Wir haben gesehen, dass, während die einfache Reactionszeit etwas verlängert wird, wenn sich die Aufmerksamkeit nicht so vollständig auf den Moment des Eindrucks vorbereiten kann, sie bei geübten Versuchspersonen kaum verändert wird durch verschiedene Grade der Aufmerksamkeit. Eine ähnliche Untersuchung habe ich angestellt für Processe, bei denen es nothwendig war, zu unterscheiden und zu wählen. Als typische Fälle wählte ich erstens die Zeit, welche man braucht, um eine weiße Fläche zu erkennen und dies durch eine Bewegung der Hand auszudrücken; zweitens die Zeit, die man braucht, um einen Buchstaben zu erkennen und zu benennen. Einmal strengte sich der Reagirende durch möglichste Concentration der Aufmerksamkeit und möglichste Vorbereitung an, so schnell als möglich zu reagiren; das andere Mal wurde der Eindruck in unregelmäßigen Intervallen ($^3/_4$—15″) nach dem Signal hervorgebracht, so dass die Aufmerksamkeit nicht im Zustande der größten Bereitschaft gehalten werden konnte.

Tabelle XLI.

	gespannt				abgelenkt			
	B.		*C.*		*B.*		*C.*	
	R	*R′*	*R*	*R′*	*R*	*R′*	*R*	*R′*
	Weißes Licht							
4. IV.	192	194	236	234	333	321	273	278
5.	196	193	235	237	250	233	256	254
6.	186	191	230	231	244	234	234	229
7.	192	194	246	249	239	239	246	248
M.	191	193	237	238	266	257	252	252
M. V.	13	6	13	10	38	23	16	9

	gespannt				abgelenkt			
	B.		*C.*		*B.*		*C.*	
	R	*R'*	*R*	*R'*	*R*	*R'*	*R*	*R'*
	Buchstaben							
4. IV.	334	335	395	398	387	388	441	442
	336	333	397	402	371	366	403	411
5.	335	337	404	410	373	377	432	435
6.	333	336	395	397	343	350	422	418
7.	331	333	410	408	340	339	427	426
M.	334	335	400	403	363	364	425	426
M. V.	29	20	21	13	33	20	26	16

Je nachdem der eine oder der andere Grad von Aufmerksamkeit oder Bereitschaft vorhanden ist, ergeben sich für die Zeit, welche erforderlich ist, um eine weiße Fläche zu erkennen und darauf zu reagiren, Werthe, deren Differenz für *B.* 75, für *C.* 15 σ beträgt, bei der Zeit der Erkennung und Benennung von Buchstaben eine Differenz von 29 σ für *B.*, 25 für *C.*

Da ich überall in den Tabellen die Data angegeben habe, an denen die Reihen gemacht wurden, und da ich keine einzige Reihe weggelassen habe, so kann man den Einfluss andauernder Uebung aus der Vergleichung sämmtlicher Tabellen bequem ersehen. Schon vorher hatten zwar *B.* und *C.* ziemliche Uebung im Ausführen von einfachen Reactionen; für die übrigen hier betrachteten Processe gilt das aber nicht. In den 20 Reihen einfacher Reactionen auf Licht (Tabelle I), die innerhalb 6 Monaten angestellt waren, ist keinerlei Kleinerwerden der Zeit bemerkbar. *B.*'s Reactionszeit war jedoch kürzer 1884—1885 als 1883—1884, wie man aus Tabelle VI sehen kann, wo seine Reactionszeit besonders für Licht beträchtlich länger ist als die *C.*'s. Am Ende der Untersuchung wiederholte ich die zu Anfang gemachten Versuche, bei denen auf eine von mehreren Farben, einen von mehreren Buchstaben, eins von mehreren Wörtern zu reagiren war (Tabelle XIX,

XXIV und XXVII), und fand, dass die Zeiten besonders für *B.* kürzer geworden waren. Es ergaben sich folgende Aenderungen:

	B.	*C.*
Farben	— 28	+ 3
Buchstaben	— 50	— 13
Wörter	— 54	— 35

Beim Benennen von Farben und Bildern wurden ebenfalls, wie oben erwähnt, die Zeiten durch Uebung kürzer.

In einzelnen Fällen, wo die Aufmerksamkeit abgelenkt war, accommodirte sich dieselbe den veränderten Bedingungen, und die Zeiten wurden wieder kürzer. Es kann hierbei als Gesetz aufgestellt werden, dass die psychischen Processe bis zu einer bestimmten Grenze um so kürzer werden, je mehr sie automatisch geworden sind, dass aber die Uebung wenig oder gar keinen Einfluss mehr hat, sobald diese Grenze erreicht ist.

Um den Einfluss der Uebung noch weiter zu prüfen, wurden die Untersuchungen im April 1885 unterbrochen, nach einer Pause von 3 Monaten, während deren keine Versuche gemacht wurden, wieder aufgenommen, und die Zeiten der wichtigsten Processe wiederum gemessen. Es wurden je 5 Reihen einfacher Licht- und Schallreactionen gemacht, je 5, in denen nur auf weiß, nur auf einen bestimmten Buchstaben, nur auf eine bestimmte Farbe, auf andere gleichartige, damit wechselnde Eindrücke nicht zu reagiren war, endlich je 5, in welchen Buchstaben, Farben, kurze Wörter erkannt und benannt wurden.

Tabelle XLII.

	B.					*C.*				
	R	*V*	*D*	*R'*	*V'*	*R*	*V*	*D*	*R'*	*V'*
Lichtreaction	139	12	— 11	140	8	167	13	+ 17	167	9
Schallreaction	122	7	— 3	121	5	141	9	+ 16	139	6
Weißes Licht	212	12	+ 1	211	6	254	13	+ 13	254	8
Buchstaben	305	22	+ 19	304	14	309	26	— 3	307	18
Farben	258	22	— 1	256	17	289	24	— 4	284	15
Buchstaben	354	25	— 41	353	17	425	22	+ 1	428	14
Farben	402	33	— 92	400	23	609	71	+ 8	600	50
kurze Wörter	331	17	— 41	330	12	410	20	+ 5	410	14

Vergleicht man diese Zeiten mit den entsprechenden der vorigen Abschnitte, so findet man, wie die Werthe unter *D* zeigen, dass kein großer Unterschied vorhanden ist, nur sind im Allgemeinen die Zeiten von *B.* etwas kürzer, die von *C.* etwas länger geworden.

Wir kommen nun zum Einfluss der Ermüdung. Dieser ist gerade wie der der Aufmerksamkeit bedeutend überschätzt worden; viele Experimentatoren haben nur wenige Versuche in einer Reihe und an einem Versuchstage gemacht, damit der Reagirende nicht ermüdet werden sollte. Um den Einfluss der Ermüdung innerhalb einer Versuchsreihe zu untersuchen, nahm ich 30 Reihen von Lichtreactionen und berechnete das Mittel aus den ersten Reactionen jeder Reihe, ebenso das Mittel der zweiten Reactionen und so durch bis zur 26sten, mit der die Reihe geschlossen war. In gleicher Weise nahm ich 200 Reihen, in denen die Versuchsperson erst einen Eindruck zu unterscheiden und dann zu reagiren hatte, und berechnete wiederum das Mittel aller ersten, aller zweiten u. s. w. Reactionen. Die Eindrücke waren in den verschiedenen Reihen verschieden, aber im Verlaufe jeder einzelnen Reihe dieselben. In diesen Reihen waren bloß je 13 Bestimmungen, aber es fanden 26 Processe statt, und es ist wohl ebenso ermüdend, wenn ein Object nicht da ist, die Reaction zu verhindern, als das Object zu sehen und zu reagiren. Die gefundenen Zahlen sind in der folgenden Tabelle enthalten.

Tabelle XLIII.

	B.		*C.*			*B.*		*C.*			*B.*		*C.*	
	R	*V*	*R*	*V*		*R*	*V*	*R*	*V*		*R*	*V*	*R*	*V*
I.	136	18	139	15	XIV.	147	9	151	10	I.	277	30	306	29
II.	146	14	155	13	XV.	147	9	151	8	II.	287	25	308	22
III.	144	11	150	9	XVI.	149	12	148	8	III.	294	25	308	23
IV.	145	16	149	10	XVII.	152	12	154	12	IV.	298	22	316	28
V.	143	9	149	10	XVIII.	152	8	152	10	V.	297	25	314	23
VI.	142	13	149	13	XIX.	151	9	154	13	VI.	300	25	317	22
VII.	147	10	151	13	XX.	148	10	151	12	VII.	292	21	318	24
VIII.	148	10	150	11	XXI.	150	13	146	9	VIII.	298	23	319	23
IX.	155	13	149	7	XXII.	152	12	150	10	IX.	299	20	319	23
X.	145	9	151	9	XXIII.	147	8	148	12	X.	297	23	322	24
XI.	143	13	147	9	XXIV.	152	13	144	10	XI.	297	23	319	22
XII.	154	14	147	13	XXV.	150	13	144	11	XII.	293	20	322	23
XIII.	153	16	152	11	XXVI.	150	15	150	10	XIII.	295	22	317	23
M.						148	12	149	11		294	23	316	24

Man erkennt, dass die ersten Reactionen ein wenig kürzer, dass die Zeiten aber im Uebrigen bei den späteren Reactionen nicht länger waren als bei den vorhergehenden. Demnach ist wohl anzunehmen, dass man bei den ersten Versuchen einer Reihe unwillkürlich gespannter aufmerksam ist als bei den späteren, dass aber das Gehirn im Allgemeinen nicht ermüdet wird, wenn man 26 psychische Processe nach einander ausführt. Die Verkürzung tritt mehr hervor, wenn weißes Licht zu unterscheiden war, als bei den einfachen Reactionen, wie überhaupt bei den Unterscheidungs- und Wahlversuchen Aenderungen der Aufmerksamkeit einen größeren Einfluss haben. Auch ist die Verkürzung bedeutender bei *B.* als bei *C.*

Um den Einfluss der Ermüdung noch weiter zu untersuchen, machte ich ausgedehnte Versuchsreihen (1950 Versuche) in der Weise hintereinander, dass derselbe Reagirende vom frühen Morgen bis spät in die Nacht hinein fast ununterbrochen zu reagiren hatte. 3 Reihen einfacher Reactionen (75 Versuche) wurden auf Licht gemacht; 3 Reihen (39 Bestimmungen, aber 78 geistige Processe), bei denen ein weißes Licht zu unterscheiden und darauf zu reagiren war; 3 Reihen, in denen Buchstaben erkannt und benannt wurden, 2 Reihen Associationsprocesse,[1]) endlich 3 Reihen einfacher Schallreactionen. Diese ganze Folge von Reihen wurde 6mal wiederholt. Die Versuche begannen bei beiden Personen um 7 Uhr 30 Min. Morgens und dauerten bei *C.* bis 1 Uhr 30 Min. Morgens, bei *B.* bis 11 Uhr Abends. Kurze Pausen wurden gemacht zum Mittag- und Abendessen. Eine Reihe jeder Art wurde am anderen Morgen und wiederum am Abend ausgeführt, eine weitere Folge von Reihen bei *C.* am zweitfolgenden Tage. In der Tabelle gebe ich zunächst die Mittelwerthe und mittleren Variationen der ersten Folge von Reihen an. Bei den späteren Folgen theile ich der Uebersichtlichkeit wegen nur die Zu- oder Abnahme gegen den Werth der entsprechenden Reihen der ersten Folge und gegen die mittlere Variation derselben mit. Die corrigirten Werthe gebe ich hier nicht an, weil sie mit den uncorrigirten fast vollständig übereinstimmten.

---

1) Nähere Angaben hierüber muss ich aufschieben bis zur Veröffentlichung meiner Versuche über Association.

Tabelle XLIV.

	Licht		Weißes Licht		Buch-staben		Asso-ciationen		Schall	
				B.						
31. III. 7. 30 Vm.	157	12	198	21	344	25	733	103	139	9
9. 40	— 1	— 1	— 5	—4	+10	+ 2	— 98	— 17	— 3	— 1
1. Nm.	—14	— 2	+ 9	—4	— 7	+ 9	— 59	— 11	+11	+10
2. 50	—10	— 3	+ 9	+4	+ 4	+ 1	— 2	— 8	— 7	— 2
6. 55	+ 1	— 2	+34	—3	+12	+ 6	— 81	— 39	+ 3	+ 2
8. 50	+ 5	+ 1	+20	—2	+37	+ 5	+228	+121	+10	+ 1
1. IV. 8. 30 Vm.	—17	— 2	—10	+1	+21	+ 9	+ 83	+ 2	—16	— 2
8. Nm.	— 7	+ 3	+ 2	—5	+ 1	+10	+153	+ 68	— 2	+ 5
				C.						
26. III. 7. 30 Vm.	156	10	247	12	439	23	827	125	144	13
10. 55	+10	+ 3	—17	+4	— 8	— 4	+ 9	+ 8	+ 2	— 3
2. 40 Nm.	+28	+ 5	+ 1	+9	+ 9	0	+ 12	+ 43	+15	+ 1
7. 20	+19	+ 1	—10	+7	+19	— 3	+ 58	+ 5	+15	— 3
9. 20	+33	+ 7	+ 6	+9	+37	+ 3	+163	+ 23	+19	+ 4
11. 40	+34	+ 8	+ 2	+4	+30	0	+111	+ 10	+11	0
27. III. 8. 30 Vm.	+27	+ 1	+ 6	+7	— 3	+ 5	+ 19	+ 7		
8. Nm.	+20	+ 5	— 2	+2	+11	— 3	— 12	— 41	+20	— 2
28. 8. 30 Vm.	+25	+12	— 1	+5	— 5	— 3	+ 42	+ 44	— 6	— 1

Das hauptsächlichste Resultat, welches man aus der Tabelle ablesen kann, ist, dass der Einfluss der Ermüdung sehr gering war; die Zeiten sind in keinem Falle mehr verlängert worden als um ein paar Hunderttheile einer Sekunde, auch die mittleren Variationen sind nur unbedeutend gewachsen. Ebenso fühlte sich die Versuchsperson nicht ermüdet, obwohl der Ablesende, der an den Apparaten fortwährend zu arbeiten hatte, ziemlich abgespannt wurde. Wir kommen somit zu dem Resultate, dass die Vorgänge, welche am meisten automatisch sind, nämlich die Erkennung und Benennung von Buchstaben und *C.*'s einfache Reactionszeit, von der Ermüdung am meisten beeinflusst wurden.

Die am zweiten Tage ausgeführten Versuche zeigen, dass bei *B.* über Nacht die Ermüdung verschwunden war; bei *C.* dagegen waren vermuthlich diejenigen Veränderungen im Gehirn, welche auf die ein-

fachen Reactionen von Einfluss sind, bis zum zweiten und auch bis zum nachfolgenden Tage noch nicht wieder ausgeglichen.

Die von mir mitgetheilten Versuche zeigen von neuem, dass es möglich ist, exacte Methoden zur Erforschung der psychischen Processe anzuwenden. Wir haben die Dauer von Vorgängen bestimmt, welche einen großen Theil unseres geistigen Lebens ausmachen, und haben gefunden, dass diese Zeiten unter gleichbleibenden Bedingungen constant sind; sie sind unter dieser Voraussetzung zufälligen Schwankungen in nicht höherem Grade unterworfen als etwa die Geschwindigkeiten des Schalls oder des Lichtes. Ich werde demnächst eine Folge von Versuchen veröffentlichen, die einen Schritt weiter gehen und die Dauer geistiger Processe bestimmen, welche weiter abliegen von den psychophysischen Vorgängen, die sich auf Empfindungen und Bewegungen beziehen.

Lebenslauf.

Ich, James McKeen Cattell, Sohn des Universitätsprofessors W. C. Cattell in Philadelphia, bin geboren am 25. Mai 1860 zu Easton (Pa.), Vereinigte Staaten von Nordamerika. Meinen Unterricht erhielt ich bis 1876 hauptsächlich von Privatlehrern, dann besuchte ich vier Jahre lang das Lafayette College zu Easton, woselbst ich 1880 den Grad B. A. und 1883 M. A. erhielt. 1880—82 studirte ich zu Göttingen, Genf und Leipzig, 1882—83 war ich Fellow der John Hopkins University zu Baltimore und seitdem studire ich wiederum in Leipzig.

Allen meinen verehrten Lehrern fühle ich mich in hohem Grade verpflichtet; an dieser Stelle möchte ich noch besonders den Herren Professoren Wundt, Heinze, Hankel und Leuckart, deren Vorlesungen resp. Seminare ich während meines Verweilens an hiesiger Universität besucht habe, meinen aufrichtigsten Dank aussprechen.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.